



**TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO**

*Konetekniikan koulutusohjelma*

**TOMMI TUOMI**

**TUOTERAKENTEEN KEHITTÄMINEN**

**ASIAKASRÄÄTÄLÖITÄVÄSSÄ SARJATUOTANNOSSA**

Diplomityö

Tarkastaja: professori Asko Ellman

Tarkastaja ja aihe hyväksytty

Automaatio-, kone- ja

materiaalitekniikan

tiedekuntaneuvoston

kokouksessa 10.03.2010

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

**TUOMI, TOMMI:** Tuoterakenteen kehittäminen asiakasräätälöitävässä sarjatuotannossa

Diplomityö, 66 sivua, 11 liitesivua

Toukokuu 2010

Pääaine: Konstruktiotekniikka

Tarkastaja: professori Asko Ellman

Avainsanat: Tuoterakenne, tuotearkkitehtuuri, modulointi, konfigurointi

Jotta tuote menestyisi markkinoilla tulee sen täyttää eri asiakkaiden vaatimukset. Vaatimukset voidaan täyttää tuotteella, jossa tuotteen ominaisuuksia tai niiden lukumäärää muutetaan. Vaadittava tuotemuuntelu voidaan tehdä tuoterakenteen avulla käyttäen moduuleita rakennusosina.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää AGCO SISU POWER Oy:n valmistamien dieselmootoreiden tuoterakennetta materiaalilogistiikkaa palvelevasta osaluetteloperustaisesta rakenteesta paremmin mallisarja- ja tuoteperhekohtaiset yhtäläisyydet, muutosten hallinnan ja eri osastojen tarpeet tuoterakenteen erilaisista näkymistä huomioivaksi rakenteeksi. Tarkoituksena ei ollut kuitenkaan muodostaa täydellistä tuoterakennetta, vaan tarkastella asioita ylemmällä tasolla ja löytää hyvät perusteet sille, miten eri osat ja komponentit jaetaan moduuleiksi ja rakenteiksi. Tuoterakenteen tulisi olla modulaarinen ja ainakin jossain määrin konfiguroituva.

Työ jakaantuu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa esitellään työn teettänyt yritys ja sen valmistamien dieselmootoreiden rakenne. Toinen osuus puolestaan on teoriaosuus. Siinä selvitetään tuoterakenteisiin ja tuotearkkitehtuuriin liittyvää teoriaa, sekä siihen läheisesti liittyviä tekijöitä, kuten modulaarisuutta ja konfigurointia. Kolmannessa, eli soveltavassa osuudessa, muodostetaan neljä erilaista tuoterakenteen jakovaihtoehtoa ja vertaillaan niitä useasta eri näkökulmasta. Vertailussa on pyritty hyödyntämään teoriaosuudessa esiteltyjä asioita.

Työn perusteella haluttua tuoterakennetta ei voida saavuttaa yhdellä jakoperusteella, vaan on tehtävä kompromissi ja yhdistelmä eri jakoperusteista. Suositeltavin vaihtoehto on suorittaa yrityksen variointistrategian mukainen jako kahteen rakenteeseen ja tämän jälkeen jakaa näitä kahta rakennetta vielä pienempiin osiin päästötasojen ja käyttösovellutusten mukaan.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

**TUOMI, TOMMI:** Development of product structure in customer tailored serial production

Master of Science Thesis, 66 pages, 11 appendix pages

May 2010

Major: Mechanics and Design

Examiner: Professor Asko Ellman

Keywords: Product structure, product architecture, modularization, configuration

For a product to be successful in the market it needs to fulfill different customer requirements. These requirements can be met with a product in which its properties or the number of properties can be changed. Required product variation can be achieved with product structure that uses modules as building elements.

The goal of this thesis was to develop the product structure of diesel engines manufactured by AGCO SISU POWER Inc. from material logistics serving bill of materials based structure to a structure that better serves the needs of model range and product family similarities, change management and the different views to product structure of different departments. However, the goal was not to form perfect product structure, but to explore matters on a higher level and to find good basis for dividing parts and components to modules and structures. The product structure should be modular, and at least in some degree, configurable.

This thesis is divided into three sections. In the first section the company that this thesis was made for and the structure of the diesel engines it manufactures are introduced. The second section is the theory part. It clarifies the theory behind product structures, architectures and closely related issues like modularization and configuration. In the third section four different possibilities for dividing product structure were formed and compared from several different viewpoints. In the comparison things presented in the theory part were utilized.

This thesis shows, that there is no single right basis for the division to achieve the desired product structure. It is a compromise and a combination of different division basis. The recommended alternative is to divide the structure into two parts according to company variation strategy and then further divide these two structures into smaller structures according to emission levels and applications.

## ALKUSANAT

Haluan kiittää CAD & PDM System Administrator Jari Kastetta antamastaan mahdollisuudesta tehdä tämä työ AGCO SISU POWER Oy:lle, sekä hänen neuvoistaan ja ohjauksestaan työn edetessä. Kiitos kuuluu myös tämän diplomityön ohjaajalle ja tarkastajalle professori Asko Ellmanille.

Haluan myös osoittaa kiitokseni vaimolleni Tiialle hänen avustaan ja tuestaan tämän diplomityön tekemisessä.

Kangasalla 12.05.2010

Tommi Tuomi

# SISÄLLYS

1.	Johdanto.....	1
1.1.	Työn tausta.....	1
1.2.	Työn tavoite ja rajaukset.....	1
1.3.	Työn rakenne .....	2
2.	AGCO SISU POWER Oy .....	3
2.1.	Yleistietoa AGCO SISU POWER Oy:stä.....	3
2.1.1.	AGCO Corporation .....	5
2.2.	Asiakasräätelöinnin merkitys AGCO SISU POWER Oy:ssä.....	5
2.3.	Moottorin rakenne.....	6
2.3.1.	Moottorin perusrunko .....	7
2.3.2.	Moottorin takapää ja alaosa .....	8
2.3.3.	Moottorin etupää .....	9
2.3.4.	Moottorin yläosa .....	10
2.3.5.	Moottorin oikea ja vasen kylki.....	11
2.4.	Nykyinen tuoterakenne .....	12
3.	Teoriaosuus.....	13
3.1.	Tuoterakenne.....	13
3.1.1.	Tuoterakenteen teoreettinen perusta .....	13
3.1.2.	Tuoterakenne ja tuotearkkitehtuuri .....	18
3.1.3.	Tuoterakenteen muutokset ja hallinta .....	26
3.2.	Modulointi.....	30
3.2.1.	Modulaarisuuden määrittely.....	30
3.2.2.	Moduloinnin tavoitteet .....	38
3.2.3.	Moduulijaon periaatteet .....	40
3.3.	Konfigurointi.....	43
3.3.1.	Konfiguroitava tuote .....	44
3.3.2.	Konfiguroinnin näkökulmat .....	45
3.3.3.	Konfiguroinnin suoritus .....	47
4.	Soveltava osuus .....	50
4.1.	Vaihtoehtoiset tuoterakenteet.....	50
4.1.1.	Päästötasojen mukaan jaettu .....	50
4.1.2.	Asiakkaiden mukaan jaettu .....	51
4.1.3.	Käyttösovellusten mukaan jaettu .....	51
4.1.4.	Sylinteriluvun mukaan jaettu .....	52
4.2.	Tuoterakenteiden vertailu .....	52
4.2.1.	Jakovaihtoehtojen etuja ja haittoja .....	52
4.2.2.	Jakovaihtoehtojen arvoanalyysi .....	54
4.2.3.	Muutosten vaikutus tuoterakenteeseen .....	56
4.3.	Yrityksen variointistrategian vaikutus tuoterakenteeseen.....	60
5.	Johtopäätökset .....	62
	Lähteet.....	63

Liite 1: Modulaarisuuden edut ja haitat .....	67
Liite 2: Rakennemuutokset 2007-2009 .....	73

## LYHENTEET, TERMIT JA MERKINNÄT

<b>BOM</b>	Bill of Materials, osaluettelo, eli luettelo tietyn tuotteen sisältämistä osista.
<b>CCV</b>	Closed Crankcase Ventilation, eli moottorin suljettu huohotusjärjestelmä.
<b>CTP</b>	Concern Tractor Plants, Venäjän johtava teollisuuskoneiden valmistaja.
<b>DfX</b>	Design for X, tiettyä suunnittelunäkökulmaa painottava suunnittelumenetelmä. Esimerkiksi DfA, eli Design for Assembly, painottaa tuotteen kokoonpantavuutta ja DfM, eli Design for Manufacturing, painottaa valmistettavuutta.
<b>Domain-teoria</b>	Andreasenin kehittämä teoria tuoterakenteen synteestistä, jossa rakenne on jaoteltu prosessi-, toiminto-, orgaani- ja osadomaineihin. (eng. The Domain Theory)
<b>DYMO</b>	Dynaaminen modulointi. Ottaa huomioon myös tuotteen elinkaaren aikaiset muutokset.
<b>EBOM</b>	Engineering Bill of Materials, eli suunnittelun osaluettelo.
<b>ECU</b>	Electronic Control Unit, eli elektroninen moottorin ohjausyksikkö.
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency, eli Yhdysvaltain ihmisten terveyden ja ympäristön suojeluvirasto.
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning, eli yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä.
<b>FMEA</b>	Failure Mode and Effects Analysis, eli vika- ja vaikutusanalyysi. FMEA on eräs luotettavuustekniikan menetelmä.
<b>GBOM</b>	Generic Bill of Materials, eli koko tuoteperheen kattava yleinen osarakenne.
<b>JIT</b>	Just In Time. Logistinen varastonhallinta- ja tuotannonohjausmenetelmä.

<b>Konfigurointi</b>	Systemaattinen tuotemuuntelu. Hyvin tarkkaan määritelty massaräätälöintimenetelmä.
<b>Konfiguraattori</b>	Työkalu, jolla toteutetaan systemaattista tuotemuuntelua.
<b>Massaräätälöinti</b>	Liiketoimintamalli, jolla voidaan yhdistää massatuotannon edut sekä laajan tuotevalikoiman tuomat mahdollisuudet. Tuote muodostetaan asiakasvaatimusten mukaiseksi valmiiksi suunnitelluista moduuleista.
<b>MBOM</b>	Manufacturing Bill of Materials, eli tuotannon osaluettelo.
<b>Moduuli</b>	Tuotteen osa tai kokoonpano, jolla on määritelty rajapinta ja se kuuluu muiden osien ja kokoonpanojen muodostamaan kokonaisuuteen eli moduulijärjestelmään.
<b>Moduulidriverit</b>	Modulointia ohjaavat tekijät. (Eng. module drivers)
<b>MRP</b>	Manufacturing Resource Planning, eli tuotannonohjausjärjestelmä.
<b>Nimike</b>	Tietokannan jäsen, joka voi olla komponentti, moduuli, kokoonpano tai muu fyysinen kokonaisuus, mutta myös dokumentti.
<b>PDM</b>	Product Data Management, eli tuotetiedonhallinta.
<b>Platform</b>	Tuotteen perustaksi luotu komponenttien, moduulien tai osien joukko. Käytetään myös nimeä tuotealusta.
<b>TTS</b>	Theory of Technical System, eli Hubkan kehittämä teoria tuotteen strukturoinnista muunnosajatusmallina.
<b>Tuotearkkitehtuuri</b>	Tuotteen kuvaus toiminnallisilta ja rakenteellisilta ominaisuuksilta.
<b>Tuoterakenne</b>	Tuotteen toimintaa, kokoonpanojärjestystä tai komponentteja esittävä ja yhteen liittävä ohjeistus/rakenne.
<b>Variantti</b>	Yksi muunneltavan tuoteperheen tuoteyksilö.
<b>Varioituvuus</b>	Erilaisten ominaisuusyhdistelmien tarjoaminen samanaikaisesti.



# 1. JOHDANTO

## 1.1. Työn tausta

Nykyaikana oikein rakennettu ja yrityksen toimintatapoihin sekä tarpeisiin sovellettu tuoterakenne on yksi tärkeimmistä seikoista yrityksen menestyksen ja toiminnan kannalta. Tämän hetken trendinä on, että tuoterakenteen tulisi olla modulaarinen ja mielellään konfiguroitavissa. Näin saavutetaan monenlaisia hyötyjä niin kokoonpanossa ja nimikkeistön ja asiakasvaatimusten hallinnassa kuin tuottavuuden lisäämisessäkin. Modulaarisuus on tällä hetkellä pinnalla monessa muussakin asiassa, mutta on erityisen tärkeää määritellä tarkkaan, mitä moduloinnilla haetaan, ja löytää oikeat keinot sen saavuttamiseen.

Oikein muodostettuna modulaarinen tuoterakenne helpottaa selvästi tuotteiston ja muutosten hallintaa. Nämä ovatkin tärkeimpiä syitä pyrkiä tämänkaltaiseen tuoterakenteeseen ja tuoteperheajatteluun. Kehitys on nykyään niin nopeaa, että muutokset tuotteen elinkaaren aikana ovat erittäin todennäköisiä, ja niitä voi tulla useitakin lyhyellä aikavälillä. Näin siitäkin huolimatta, että tuotteiden elinikä on lyhentynyt. Myös uusien tuotteiden markkinoille saattamiseen käytettävissä oleva aika on lyhentynyt kasvaneen kilpailun ansiosta, ja onkin selkeä kilpailuvaltti saada tuote markkinoille ennen kilpailijoita. Oikeanlaisen tuoterakenteen omaavilla yrityksillä on etulyöntiasema edellä mainittuihin haasteisiin vastaamisessa.

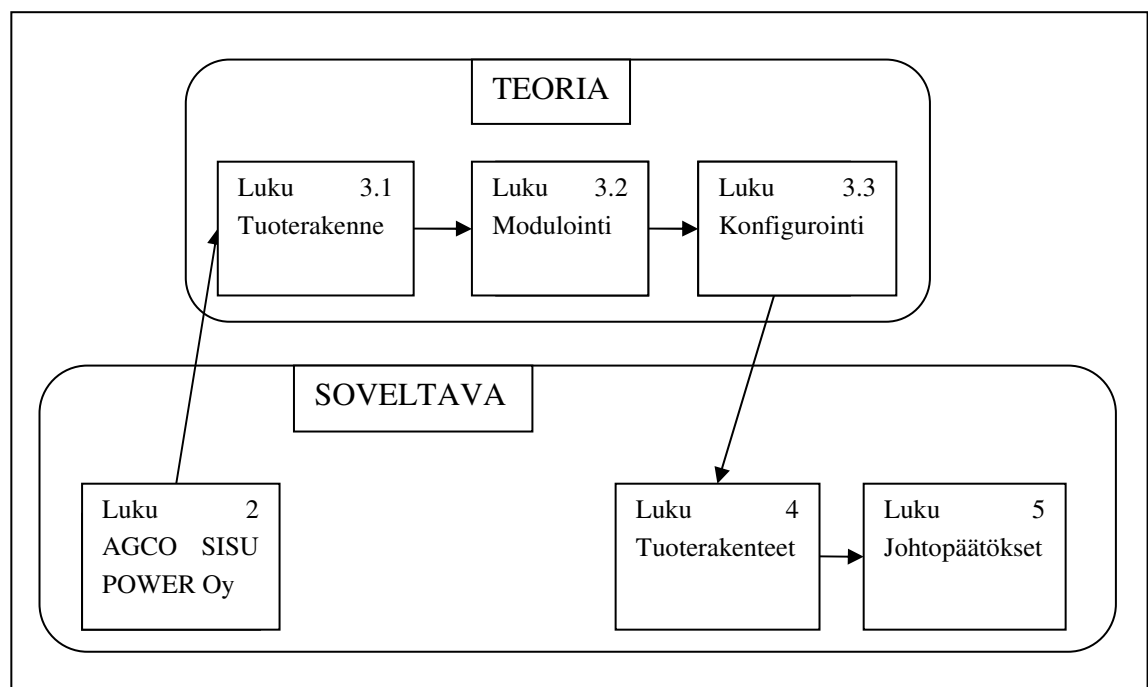
## 1.2. Työn tavoite ja rajaukset

Tämän diplomityön tarkoituksena on pyrkiä muodostamaan AGCO SISU POWER Oy:lle tuoterakenne, joka pystyy vastaamaan tämän hetken ja tulevaisuuden sille asettamiin haasteisiin. Tuoterakenteen tulisi olla modulaarinen ja ainakin jossain määrin konfiguroitavissa. Tässä työssä ei kuitenkaan ole tarkoitus tarkastella tai määritellä konfiguraattoria. Tuoterakenteen tulisi palvella erityisesti tuotekehitystä ja tuotannon suunnittelua sekä ohjeistusta. Myynnin ja jälkimarkkinoinnin huomioiminen tuoterakenteen määrittelyssä on vähäisempää johtuen yrityksen liiketoiminnan luonteesta. Varsinkin myynnin osuus on vähäistä, koska suurin osa tuotteen määrittelystä tapahtuu suoraan asiakkaan ja AGCO SISU POWER Oy:n tuotekehitysten välillä. Tärkeimpänä asiana tuoterakenteen muodostamisessa on, että se soveltuu yrityksessä lähitulevaisuudessa käyttöön otettaviin PDM- ja ERP-järjestelmiin.

Työssä ei ole tarkoituksena aikaansaada tuoterakennetta, josta selviäisi jokaisen komponentin tai osan tarkka paikka ja määrä, vaan käsitellä aihetta yleisemmällä tasolla. Tarkoituksena on löytää hyvät perusteet sille, minkä mukaan nykyiset osat ja komponentit jaetaan moduuleiksi ja rakenteiksi. Näistä moduuleista ja rakenteista täytyisi voida muodostaa kaikki tarjottavat tuotteet. Tämä työ kattaa vain dieselmoottorivalmistuksen ja siihen liittyvät tuoterakenteet, muut yrityksen valmistamat tuotteet jätetään tämän työn ulkopuolelle.

### 1.3. Työn rakenne

Diplomityön tutkimusosuus koostuu neljästä luvusta, joista luku kolme käsittelee aiheeseen liittyvää teoriaa, ja loput ovat soveltavaa osuutta. Kuvassa 1 esitetään periaatekuva diplomityöstä ja lukujen liittymisestä toisiinsa.



Kuva 1. Diplomityön rakenne.

Teoriaosuus aloitetaan käymällä läpi tuoterakenteen ja tuotearkkitehtuurin muodostumista ja hallintaa. Tämän jälkeen siirrytään käsittelemään modulointia määrittelyn, tavoitteiden ja periaatteiden kautta. Teoriaosuuden lopuksi käsitellään konfigurointia sen tuotteelle ja tuoterakenteelle asettamien vaatimusten avulla.

Soveltava osuus aloitetaan esittelemällä työn kohteena oleva yritys, eli AGCO SISU POWER Oy, sekä sen tuotteet ja nykytilanne tuoterakenteen suhteen. Tämän ja teoriaosuuden avulla muodostetaan luvussa 4 vaihtoehtoisia tuoterakenteita ja vertaillaan niitä. Seuraavassa luvussa pyritään vetämään yhteen aiemman luvun tulokset ja tekemään niistä oikeat johtopäätökset.

## 2. AGCO SISU POWER OY

### 2.1. Yleistietoa AGCO SISU POWER Oy:stä

Tässä kappaleessa esitetyt tiedot ja luvut perustuvat lähteisiin (ASP 2008) ja (ASP 2009) sekä tekijän omiin tietoihin yrityksestä.

AGCO SISU POWER Oy on toiminut Nokian Linnavuorella yli kuudenkymmenen vuoden ajan. Tosin yhtiön nimi ja omistaja on vaihtunut vuosien saatossa useampaan kertaan. Viimeisin nimenvaihdos tapahtui vuonna 2008, kun nimi vaihtui Sisu Diesel Oy:stä AGCO SISU POWER Oy:ksi. Uusi nimi sitoo yrityksen lähemmin omistajaansa AGCO Corporationiin. Monelle ihmiselle, etenkin Suomessa, yritys kuitenkin tunnetaan edelleen Valmet-nimellä.

Työntekijöitä yrityksessä oli vuonna 2008 noin 750 henkilöä. Vuosi 2008 oli moottorituotantomäärissä historian paras, ja silloin Linnavuoren tehtaalla valmistuikin noin 30 000 moottoria. Liikevaihtoa kertyi vuonna 2008 Nokian ja Brasilian tehtailla yhteensä 334 miljoonaa euroa. Tästä noin 78 prosenttia tuli moottorituotannosta.

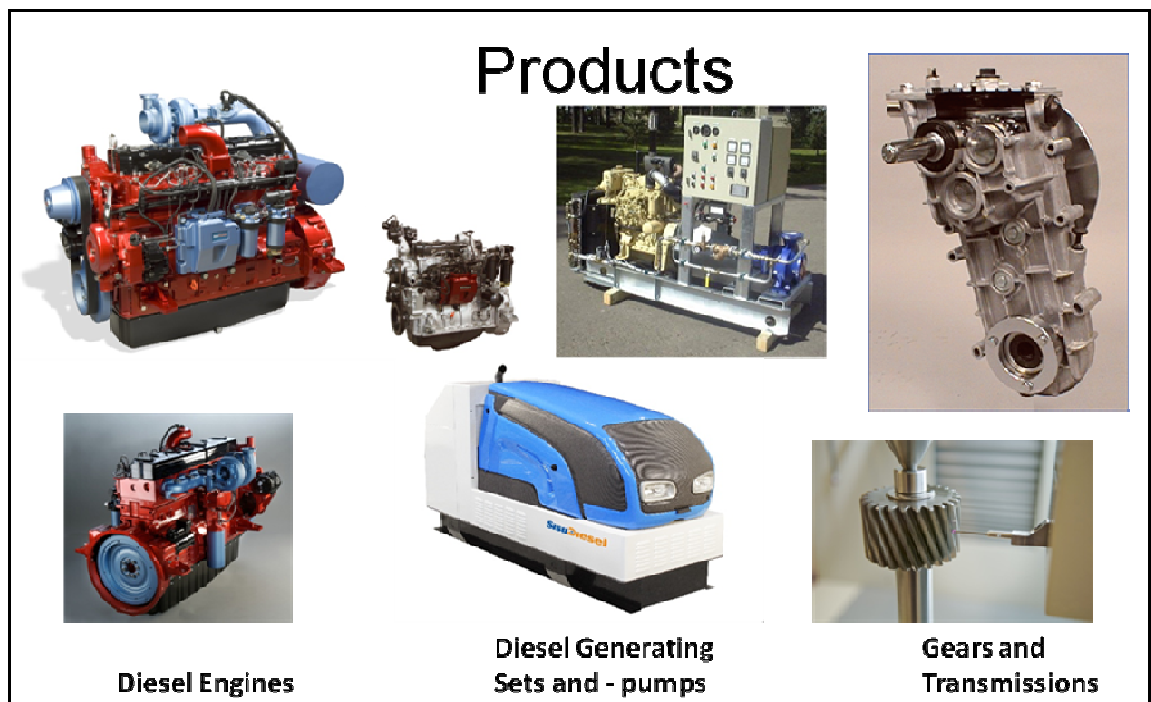
AGCO SISU POWER Oy valmistaa dieselmootoreita off road -käyttöön sekä konsernin sisäisille että ulkopuolisille asiakkaille. Konsernin sisäisiä asiakkaita ovat muun muassa traktorivalmistajat, kuten Valtra, Massey Ferguson ja Fendt, leikkuupuimurivalmistajat, kuten Hesston ja Laverda, sekä kasvinsuojelukoneita valmistava AgChem. Konsernin ulkopuolisia asiakkaita ovat monet metsäkonevalmistajat, kuten Valmet, Logset, Logman ja Sampo Rosenlew, aggregaattivalmistajat, kuten AJ Power, kontinkäsittelylaitteita valmistava Cargotec, pyöräkuormainkaivureita valmistava Lännen Tractors sekä merimoottori- ja meriaggregaattivalmistajat, kuten Nordhavn ja Sandfirden.

Suurimpia kilpailijoita off road -moottorituotannon saralla ovat muun muassa Caterpillar, Cummins, Perkins, Deutz, Volvo, Scania ja Mercedes Benz.

AGCO SISU POWER Oy:n valmistamat dieselmootorit kattavat laajan tehoalueen 50-500 hevosvoimaan ja täyttävät myös viimeisimmät päästönormit. Moottoreita valmistetaan 3-, 4-, 6- ja 7-sylinterisinä versioina. Valmistettavat moottorit ovat iskutilavuuksiltaan kolmisylinterinen 3,3l, nelisylinteriset 4,4l ja 4,9l, kuusisylinteriset 6,6l, 7,4l ja 8,4l sekä seitsemäsylinterinen 9,8l. Moottorit nimetään iskutilavuuksien perusteella, esimerkiksi 33, 44, 49 jne.

AGCO SISU POWER Oy:lla on ollut moottorivalmistusta myös Brasiliassa Mogi das Cruzesissa 1990-luvun alusta lähtien. Sielläkin moottorituotanto on kasvanut tasaisesti jo useamman vuoden ajan ollen vuonna 2008 lähes 13 000 moottoria. Moottorituotantoa aloitellaan myös Vladimirissa Venäjällä yhteistyössä CTP:n (Concern Tractor Plants) kanssa. CTP on Venäjän suurimpia teollisuuskoneiden valmistajia ja maan suurin traktorivalmistaja. Tulevaisuudessa on tarkoitus aloittaa moottorituotanto myös Kiinassa paikallisten yhteistyökumppaneiden kanssa. Moottoreiden tuotekehitys on kuitenkin keskitetty Nokian Linnavuoren tehtaalle myös ulkomailla valmistettavien moottoreiden osalta.

AGCO SISU POWER Oy valmistaa myös muita tuotteita dieselmoottoreiden ohella. Näitä ovat dieselgeneraattorit ja dieselpumput sekä hammaspyörät ja vaihteistot. Dieselgeneraattoreita ja dieselpumppuja valmistetaan GenPowex-tuotemerkillä omassa yksikössä Tampereella. Dieselgeneraattorit kattavat tehoalueen 12-1800kW, ja ne on suunniteltu varavoima- ja päävoimalaitoskäyttöön sekä laivakäytön apukone- ja hätäkonekäyttöön. Dieselpumput on tehty sprinkleri- ja palopumppujärjestelmiin teholuokassa 30-300kW. Hammaspyöriä ja akseleita valmistetaan sekä oman moottorituotannon että ulkopuolisten asiakkaiden tarpeisiin. Esimerkkeinä ulkopuolisista asiakkaista ovat Valtra ja Sampo Rosenlew. Kappalemäärissä mitaten AGCO SISU POWER Oy on Suomen suurin hammaspyörävalmistaja, ja Euroopankin mittakaavassa yksi suurimmista. Vuonna 2008 valmistettiin yli miljoona hammaspyörää. Vaihteistoja valmistetaan moottorikelkkoihin ja puimureihin. Kuvassa 2 esitellään AGCO SISU POWER Oy:n tuotteita.



Kuva 2. AGCO SISU POWER Oy:n tuotteet. (ASP 2009)

### **2.1.1. AGCO Corporation**

Amerikkalainen AGCO Corporation on perustettu vuonna 1990, ja se on maailman kolmanneksi suurin maatalouskoneiden ja -laitteiden valmistaja sekä kehittäjä. AGCO:lla on yli 20 tuotebrändiä, joita myydään yli 140:ssä maassa 2800 jälleenmyyjän toimesta. Tunnetuimpia brändejä ovat traktorimerkit Valtra, Massey Ferguson, Fendt ja Challenger. Muita tuotteita ovat muun muassa leikkuupuimurit, heinäkoneet sekä itsekulkevat ruiskut. Työntekijöitä konsernissa on yli 15 000 ympäri maailman. Koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2008 8.4 miljardia yhdysvaltain dollaria. AGCO SISU POWER Oy liittyi osaksi AGCO Corporationia yhdessä Valtran kanssa vuonna 2004.

## **2.2. Asiakasräätelöinnin merkitys AGCO SISU POWER Oy:ssä**

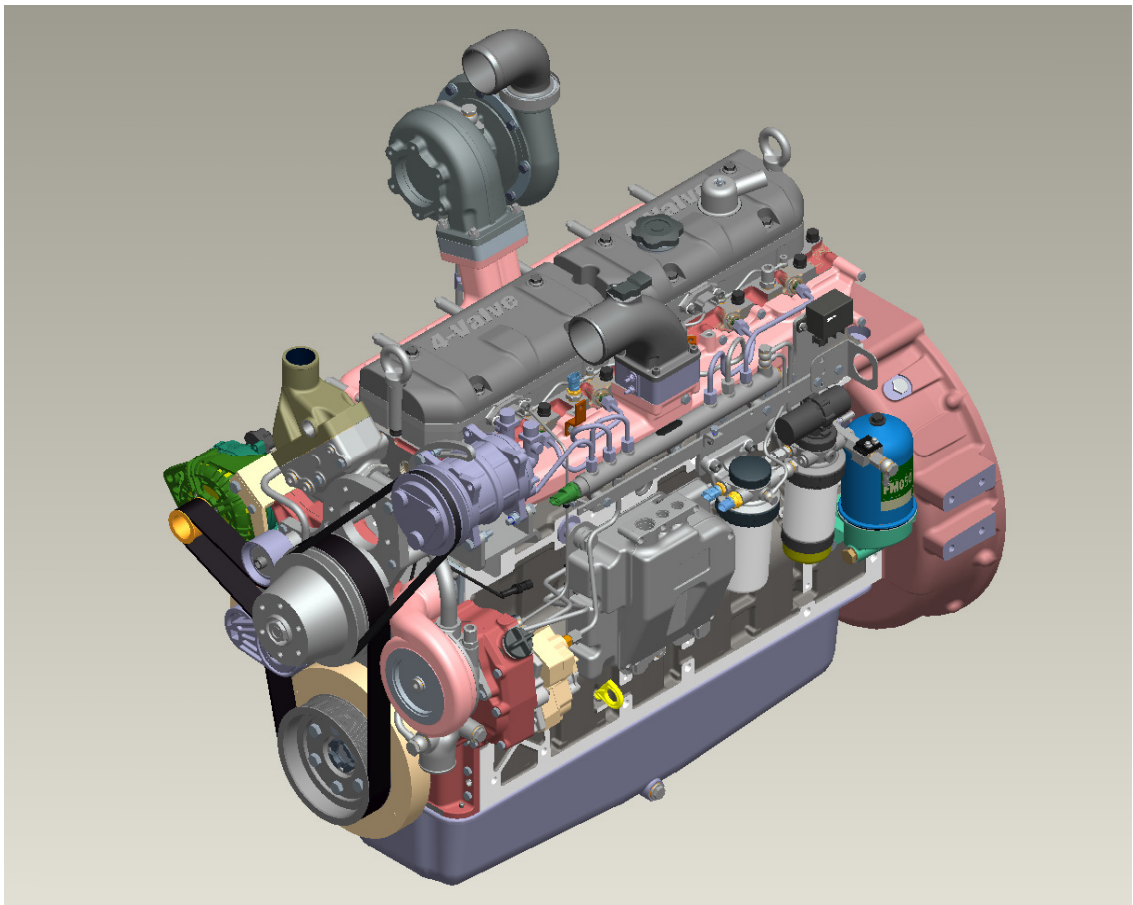
AGCO SISU POWER Oy:ssä suunnitteluvastuu on jaettu asiakaskohtaisesti. Jokaisella asiakkaalla on oma suunnittelija, joka vastaa asiakkaansa applikaatioista. Yhdellä suunnittelijalla on kuitenkin useampia asiakkaita. Suunnittelijat kehittävät moottoriapplikaatioita yhdessä asiakkaan tuotekehityshenkilöiden kanssa soveltumaan mahdollisimman hyvin asiakkaan tuotteisiin pitäen kuitenkin samalla huolta moottorinosien riittävästä standardoinnista ja vakioinnista.

Varsinkin suurimmilla konsernin sisäisillä asiakkailla, muun muassa Valtralla, Fendtillä ja Massey Fergusonilla, on suuri sananvalta siihen, millaisia moottoreita valmistetaan. Esimerkiksi traktorimoottoreissa öljypohjat, vauhtipyöräkotelot sekä vauhtipyörät ovat lähes aina suunniteltuja sopimaan tietyille asiakkaalle, ja niiden hyödyntäminen muiden asiakkaiden kohdalla on erittäin haastavaa. Traktoreiden kehittyessä täytyy myös niiden moottoreiden kehittyä ja tämä luo tarvetta uusien osien kehittämiseen. Näiden moottoreiden vuosittainen volyymi on kuitenkin niin suuri, että asiakasspesifien osien suunnittelu ja valmistus on perusteltua. Nämä kyseiset moottorispesifikaatiot kattavat yli kaksi kolmasosaa AGCO SISU POWER Oy:n vuosittaisesta dieselmoottorituotannosta.

Pienempien asiakkaiden kohdalla pyritään löytämään olemassa olevasta osatarjonnasta mahdollisimman hyvin heidän tarpeitaan palveleva moottoriversio. Näiden yksittäisten moottoriversioiden vuosittainen volyymi jää yleensä niin pieneksi, ettei ole taloudellisesti kannattavaa suunnitella niihin osia, joita valmistettaisiin vain muutamia kymmeniä kappaleita vuodessa.

### 2.3. Moottorin rakenne

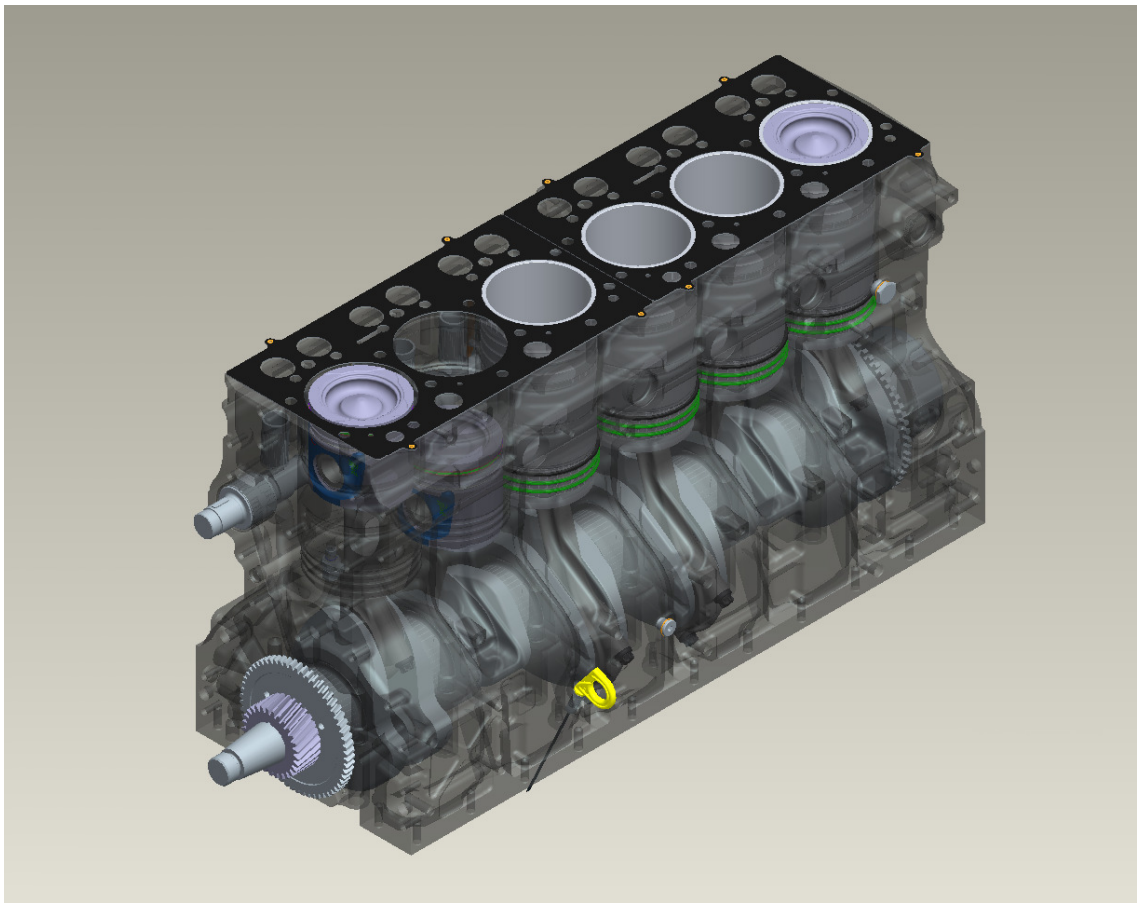
AGCO SISU POWER Oy:n valmistamien dieselmoottoreiden perusrakenne on pysynyt samana jo yli kuuden vuosikymmenen ajan. Perusrakenteen muuttumattomia ominaisuuksia ovat muun muassa suoraruiskutus, läpihengittävä sylinterikansi ja märät vaihdettavat sylinteriputket. Monet kilpailijat ovat alkaneet hyödyntää näitä ominaisuuksia vasta paljon myöhemmin, kun ovat huomanneet niiden edut. Lähes kaikki valmistettavat moottorit ovat pakokaasu- eli turboahdettuja, poikkeuksena muutama pienitehoinen aggregaatti- ja merimoottoriversio. Kaikki valmistettavat moottorit ovat rivimoottoreita, eli kaikki sylinterit ovat yhdessä rivissä. Sylinteriryhmät ovat hyvin vankkarakenteisia, sillä ne toimivat useissa traktoriapplikaatioissa osana ajoneuvon runkoa yhdessä öljypohjan ja vauhtipyöräkotelon kanssa. Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen Stage IIIA/Tier 3 päästötason täyttävä 84 CTA-4V moottori.



Kuva 3. 84 CTA-4V moottori.

### 2.3.1. Moottorin perusrunko

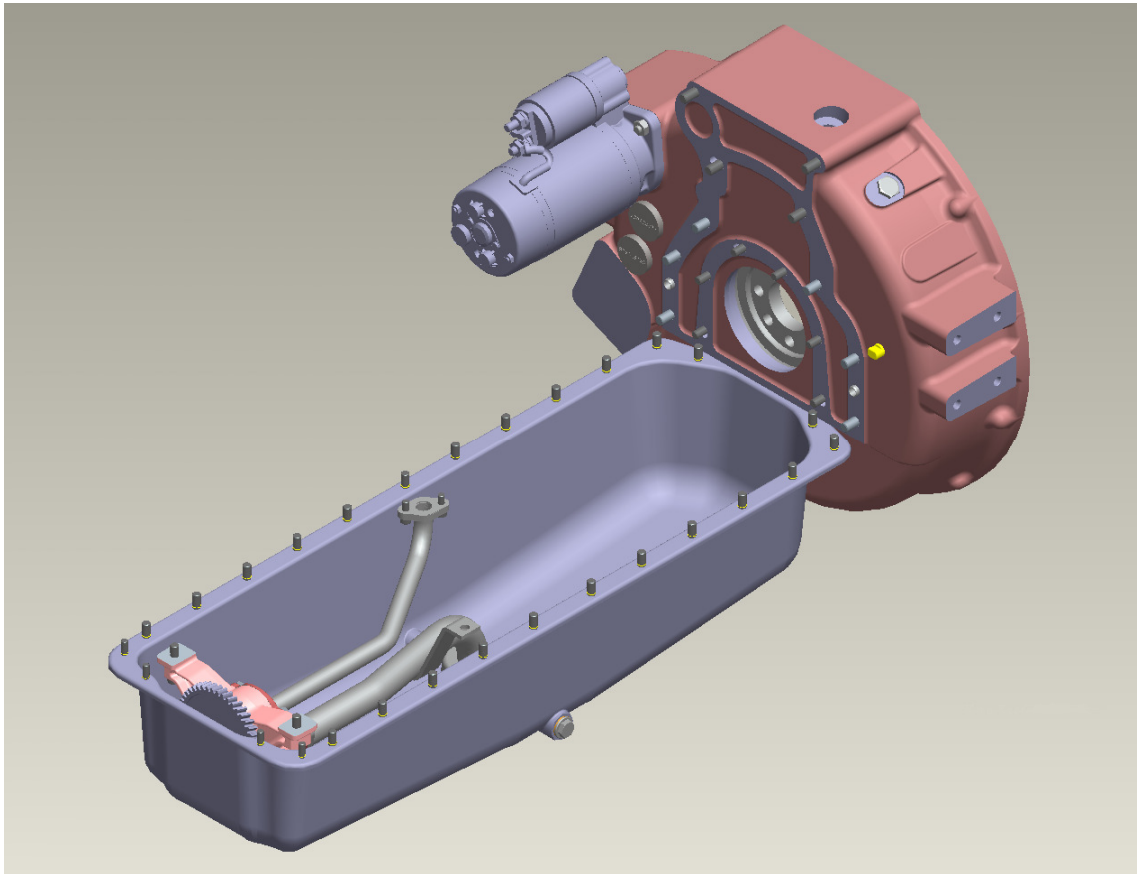
Moottorin perustana on sylinteriryhmä, johon suurin osa asennettavista komponenteista kiinnitetään. Sylinteriryhmän sisällä on muun muassa kampikoneisto eli kampiakseli, kiertokanget ja männät. Kampikoneistolla mäntien pystysuuntainen liike muutetaan pyörimisliikkeeksi. Myös nokka-akseli sijaitsee sylinteriryhmässä, joten venttiilivivustoja käytetään työntötankojen avulla. Tuotannossa on tällä hetkellä viisi erilaista sylinteriryhmää: kolmisylinterinen, nelisylinterinen, kaksi kuusisylinteristä ja seitsemäsylinterinen. Sylinteriryhmät ovat sylinterikansien ohella ainoat pääkomponentit, jotka koneistetaan AGCO SISU POWER Oy:ssä, muut komponentit ostetaan valmiiksi koneistettuina. Kuvassa 4 näkyy 84-moottorin sylinteriryhmä, sekä sen sisällä sylinteriputket, kampiakseli, kiertokanget, männät, nokka-akseli jne.



Kuva 4. 84-moottorin sylinteriryhmä, sekä sen sisällä sylinteriputket, kampiakseli, kiertokanget, männät, nokka-akseli jne.

### 2.3.2. Moottorin takapää ja alaosa

Sylinteriryhmien takapäät on standardisoitu siten, että niiden kiinnitysreikäkuvio on kaikissa samanlainen. Tämä mahdollistaa kaikkien vauhtipyöräkotelovaihtoehtojen käyttämisen kaikissa eri moottorityypeissä. Eri vauhtipyöräkotelovaihtoehtoja on toista sataa, mutta aktiivisessa käytössä niistä on vain vajaa kolmekymmentä. Valetut öljypohjat ovat suunniteltuja sopimaan yhteen tietyn vauhtipyöräkotelon kanssa, joten ne muodostavat aina parin. Peltisten öljypohjien kanssa voidaan käyttää vapaammin eri vauhtipyöräkoteluita. Eri öljypohjaversioita on reilusti yli sata, mutta näistä aktiivisessa käytössä on vain vajaa neljäkymmentä. Vauhtipyöriä on puolestaan noin kaksisataa erilaista, mutta aktiivisessa käytössä niistä on vain reilut neljäkymmentä. 84- ja 98-moottoreiden vauhtipyörät ovat vaihtokelpoisia vain keskenään. Muiden moottoriversioiden vauhtipyörät ovat myös vaihtokelpoisia vain toistensa kanssa. Lisäksi vauhtipyörän täytyy sopia vauhtipyöräkoteloon kokonsa ja käynnistinmoottorin hammaskehänsä puolesta. Kuvassa 5 on esitetty moottorin alaosan ja takapään osat.

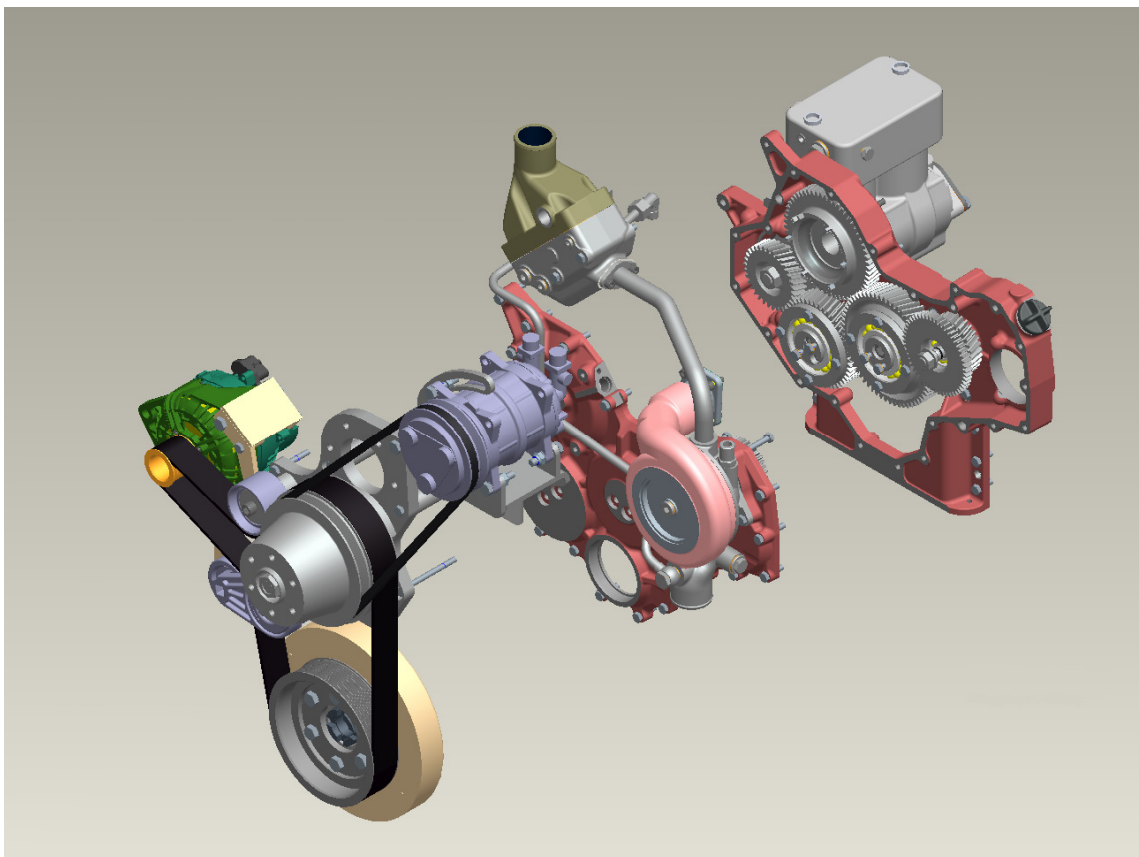


Kuva 5. Esimerkki moottorin alaosan ja takapään osista.



### 2.3.3. Moottorin etupää

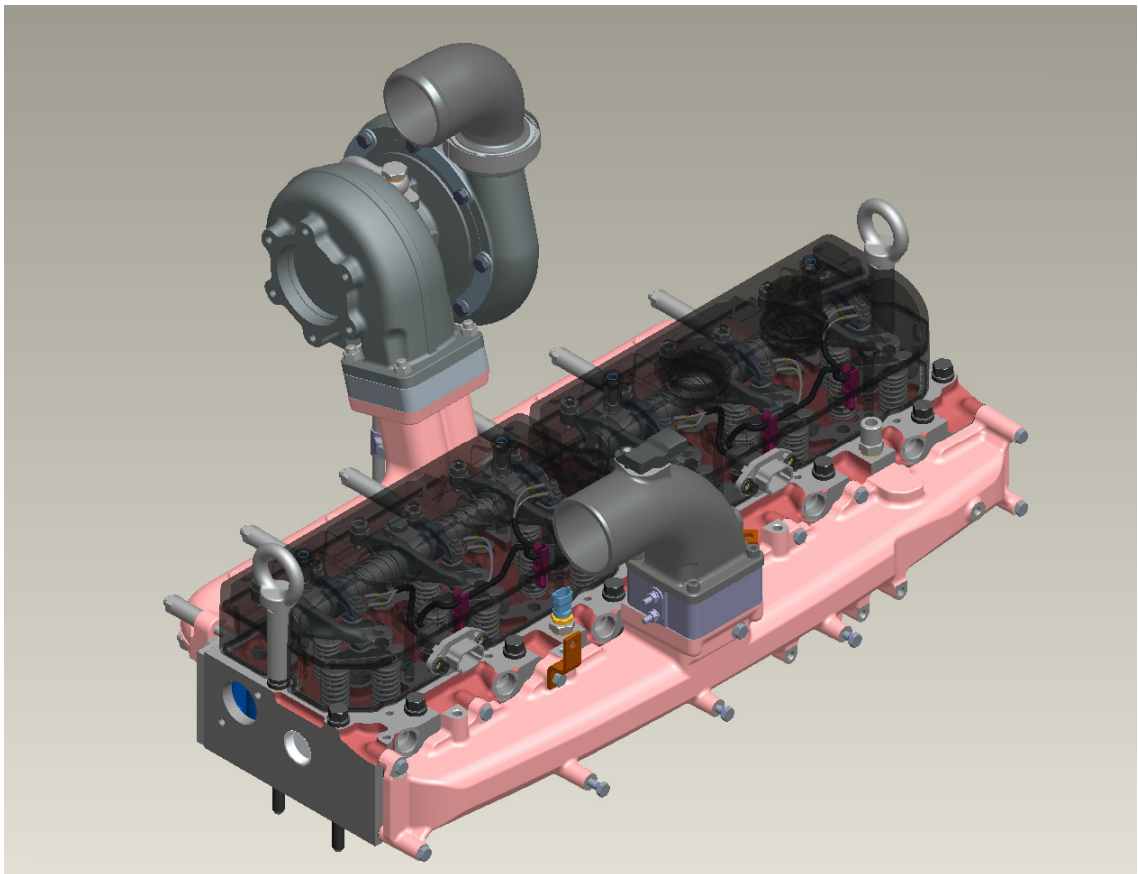
Sylinteriryhmien etupäiden kiinnitysreikäkuviot on pyritty standardoimaan, jolloin eri hammaspyöräkotelaita voidaan käyttää mahdollisimman monessa moottoriversiossa. Kussakin moottoriversiossa käytettävä hammaspyöräkotelo riippuu käytettävästä ruiskutus- tai korkeapainepumpusta, sekä siitä halutaanko moottoriin käyttölaite. Hammaspyöräkoteloversioita on tällä hetkellä käytössä yli kymmenen erilaista. Moottoreiden jakopäät ovat olleet alusta alkaen hammaspyöräkäyttöisiä. Niissä käytettävät hammaspyörät määräytyvät samoilla perusteilla kuin hammaspyöräkotelotkin. Myös vesipumppu ja termostaattikotelo sijaitsevat moottorin etupäässä. Vesipumput ovat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta hihnakäyttöisiä. 84- ja 98-moottoreiden vesipumppu on hammaspyöräkäyttöinen, mutta sekin tulee muuttumaan seuraavan päästötason (Stage 3B) täyttävissä moottoreissa hihnakäyttöiseksi. Vesipumppujen hihnapyörävaihtoehtoja on useita riippuen halutusta välityssuhteesta (lähinnä 3- ja 4-sylinteriset moottorit) sekä asiakkaan toiveista. Tarvittavan välityssuhteen määrää yleensä tuuletin, joka asennetaan suoraan vesipumpun hihnapyörään. Generaattoreita on tuotevalikoimassa eri ampeerimäärillä seitsemän erilaista, viisi 12-voltista ja kaksi 24-voltista, mistä johtuen generaattorin kiinnitys/asennusvaihtoehtoja on useita erilaisia. Käyttölaitteita on tarjolla yksi- ja kaksisylinteriset ilmakompressorit sekä muutama hydraulipumppuvaihtoehto. Usein asiakas hankkii käyttölaitteen itse. Kuvassa 6 esitetään 84-moottorin etupää liittyvine osineen.



Kuva 6. 84-moottorin etupää liittyvine osineen.

### 2.3.4. Moottorin yläosa

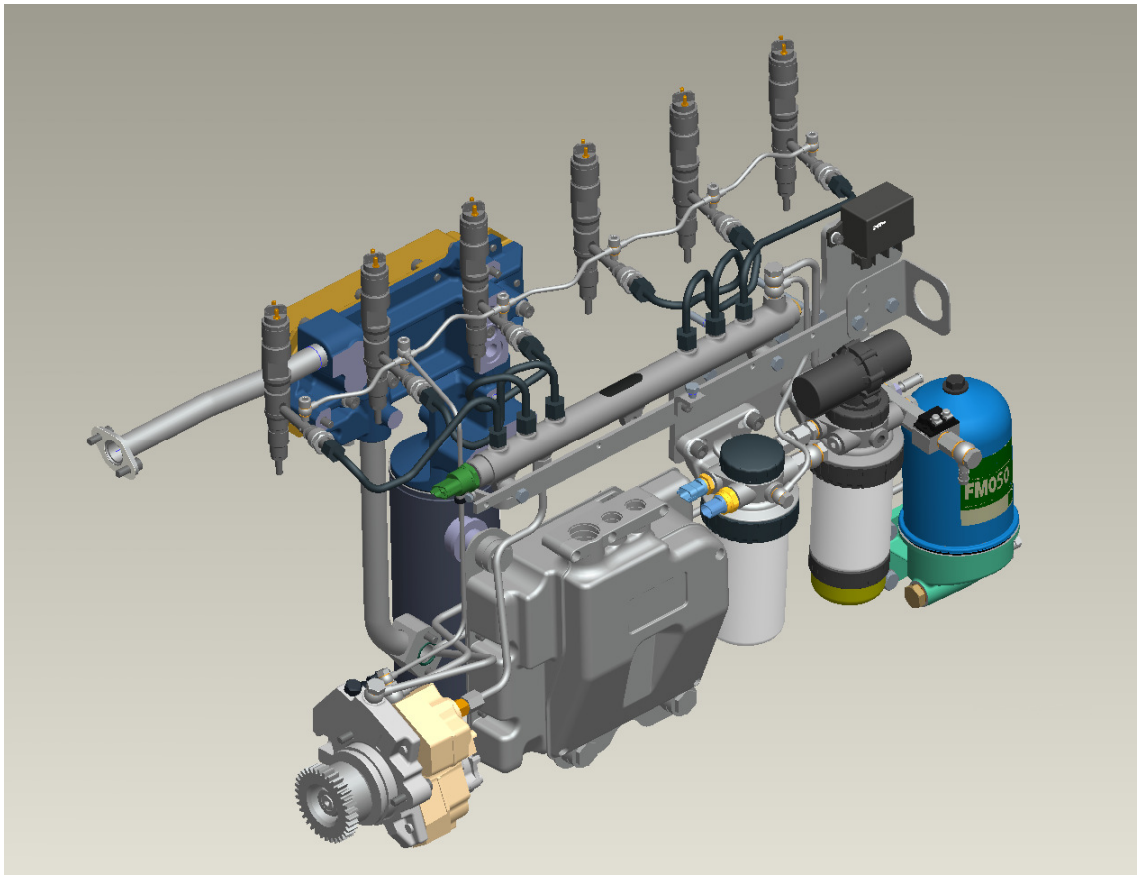
Sylinterikansia on tällä hetkellä tuotannossa neljä eri versiota. Nämä ovat kolmi- ja nelisylinteriset kaksiventtiilikannet sekä kolmi- ja nelisylinteriset neliventtiilikannet. Kuusisylinterisissä moottoreissa käytetään kahta kolmisylinteristä kantta, ja seitsemäsylinterisissä moottoreissa yhtä kolmisylinteristä ja yhtä nelisylinteristä kantta. Seuraavasta päästötasosta alkaen on tarkoitus käyttää yksinomaan neliventtiilisiä kansia. Venttiilivivuston kansia on sekä kaksi- että neliventtiilisille sylinterikansille varustettuna huohotuksella, öljyntäytöllä, huohotuksella ja öljyntäytöllä sekä ilman niitä. Imusarjoja on useita vaihtoehtoja riippuen sylinterien ja venttiilien lukumäärästä. Myös imusarjan jatkoputkia on useita erilaisia riippuen eri applikaatioista. Imusarjan jatkoputkinimitystä käytetään osasta, joka yhdistää asiakkaan välijäähdyttimeltä tulevan ilmaputken imusarjan päällä olevan lämmittimen kautta imusarjaan. Pakosarjat sopivat sekä kaksi- että neliventtiilikansiin, mutta luonnollisesti niiden tyyppi riippuu moottoreiden sylinterimäärästä. Lisäksi eri pakosarjavaihtoehtoja on sen mukaan halutaanko turboahtimen sijaitsevan moottorin edessä, keskellä, takana, sivulla vai päällä. Yleensä voidaan myös valita asennetaanko turboahdin pakolaippa eteenpäin vai taaksepäin. Turboahtimia on myös useita erilaisia. Jokaiselle turboahtimen paikka- ja asentovariaatiolle on omat öljyn paine- ja paluuputkensa. Kuvassa 7 on esitetty 84-moottorin yläpään osia, eli muun muassa sylinterikannet, imu- ja pakosarja, imusarjan jatkoputki, turboahdin, venttiilivivustot ja venttiilivivuston kannet.



Kuva 7. 84-moottorin yläosa liittyvine osineen.

### 2.3.5. Moottorin oikea ja vasen kylki

Moottorien oikealla kyljellä sijaitsevat käynnistinmoottori sekä mahdolliset hammaspyöräkäyttöiset käyttölaitteet. Lisäksi 84- ja 98-moottoreiden öljynjäähdytin ja öljynsuodatin sijaitsevat oikealla kyljellä. Muissa moottoriversioissa ne sijaitsevat vasemmalla kyljellä. Moottorien vasemmalla kyljellä puolestaan sijaitsevat polttoainelaitteet. Näihin kuuluvat common rail –moottoreissa suodattimet, matalapaineputket, korkeapainepumppu, korkeapaineputket, yhteispaineputki sekä sylinterikannessa sijaitsevat suuttimet. Mekaanisissa moottoreissa polttoainelaitteet koostuvat suodattimista, matalapaineputkista, ruiskutuspumpusta, ruiskutusputkista sekä sylinterikannessa sijaitsevista suuttimista. Common rail –moottoreiden elektroninen ohjausyksikkö eli ECU sijaitsee kolmisylinteristä moottoria lukuun ottamatta vasemmalla kyljellä. Kolmisylinterisessä moottorissa ei ole sille tilaa, joten se täytyy asentaa erilleen moottorista. Seuraavan päästötason täyttävissä moottoreissa mukaan tulevan suljetun huohotusjärjestelmän eli CCV:n öljynerotin sijoittuu kahdessa isoimmassa moottoriversiossa moottorin vasemmalle kyljelle. Kuvassa 8 on esitetty Stage IIIA/Tier 3 päästötason täyttävän 84-moottorin polttoainelaitteet sekä muut vasemmalla ja oikealla kyljellä sijaitsevat osat.



Kuva 8. Stage IIIA/Tier 3 päästötason täyttävän 84-moottorin vasemmalla ja oikealla kyljellä sijaitsevat osat sekä polttoainelaitteet.

## 2.4. Nykyinen tuoterakenne

Kärjitetysti voidaan sanoa, että tällä hetkellä AGCO SISU POWER Oy:n valmistamien dieselmootoreiden tuoterakenne on suuri määrä yksittäisiä nimikkeitä. Näistä yksittäisistä nimikkeistä kerätään tarpeelliset nimikkeet osaluettelon muodostamiseen. Moottori valmistetaan muodostetun osaluettelon perusteella. Osaluettelossa nimikkeet esitetään peräkkäisillä riveillä nimikkeen tunnuksen, kuvauksen, tarvittavan määrän ja varastopaikan avulla lähes asennusjärjestyksessä. Aiemmin osaluettelot oli jaettu vielä kahteen osaan, joita olivat perus- ja standardiosaluettelo. Perusosaluettelo sisälsi kaikki nimikkeet, joilla oli oma osanumero ja standardiosaluettelo sisälsi muut osat, eli käytännössä ruuvit, mutterit, liittimet jne.

Nykyään on kuitenkin pyritty keräämään nimikkeitä koosteiksi. Koosteella tarkoitetaan tässä tapauksessa nimikkeiden muodostamaa ryhmää, joka liittyy läheisesti tietyn toiminnon toteuttamiseen. Koosteessa on esimerkiksi ilmastoinnin kompressorin telineen lisäksi kaikki sen kiinnittämiseen tarvittavat osat, eli lähinnä ruuvit ja mutterit. Lisäksi osaluettelot on pyritty muodostamaan niin, että tietyt nimikkeet löytyvät aina tietyltä riviltä. Esimerkiksi turboahdin löytyy yleensä osaluettelon riviltä 190.

Moottorivalmistus on alkanut käyttää vuoden 2010 alusta imuohjausta omassa tuotannossaan. Imuohjaus on tuotannonohjausmenetelmä, missä asiakkaan tilaus toimii imuna toimitusketjussa, joka lähtee asiakaskysynnästä, eli asiakkaan tarpeet vetävät tuotteen koko toimitusketjun läpi. Imuohjaus on vastakohta sille, että edetään aikaisemmin laaditun aikataulun mukaisesti. Imuohjauksella pyritään varastojen pienentämiseen ja tuotannon virtauttamiseen. (ASP 2010, s.11) Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että automaattiselta kokoonpanolinjalta (RASKO) tulevia moottoriaihioita tehdään varastoon, ja näitä aihioita syötetään tarpeen mukaan manuaalikokoonpanolinjalle (R-linja), jossa ne kootaan valmiiksi moottoreiksi. Tämän takia näille moottoriaihioille on täytynyt ottaa omat nimikkeet, joita sitten käytetään tuotannon osaluetteloissa (MBOM). Moottorituotannossa on myös linja, jossa moottorit kootaan alusta asti käsin (L-linja). Tämä linja on tarkoitettu lähinnä isommille ja monimutkaisemmille moottoreille. Näiden moottorien osaluetteloissa ei toistaiseksi käytetä moottoriaihioita. Tämä johtaa siihen, että L-linjan moottoreilla on erilainen tuoterakenne kuin RASKO:n ja R-linjan läpi kulkevilla moottoreilla.

## 3. TEORIAOSUUS

Tässä luvussa esitellään tuotteisiin, tuoterakenteisiin ja niiden suunnitteluun liittyvää teoriaa, jonka tunteminen on hyödyksi tähän työhön perehdyttäessä. Tämän diplomityön soveltava osuus pohjautuu tähän teoriaan.

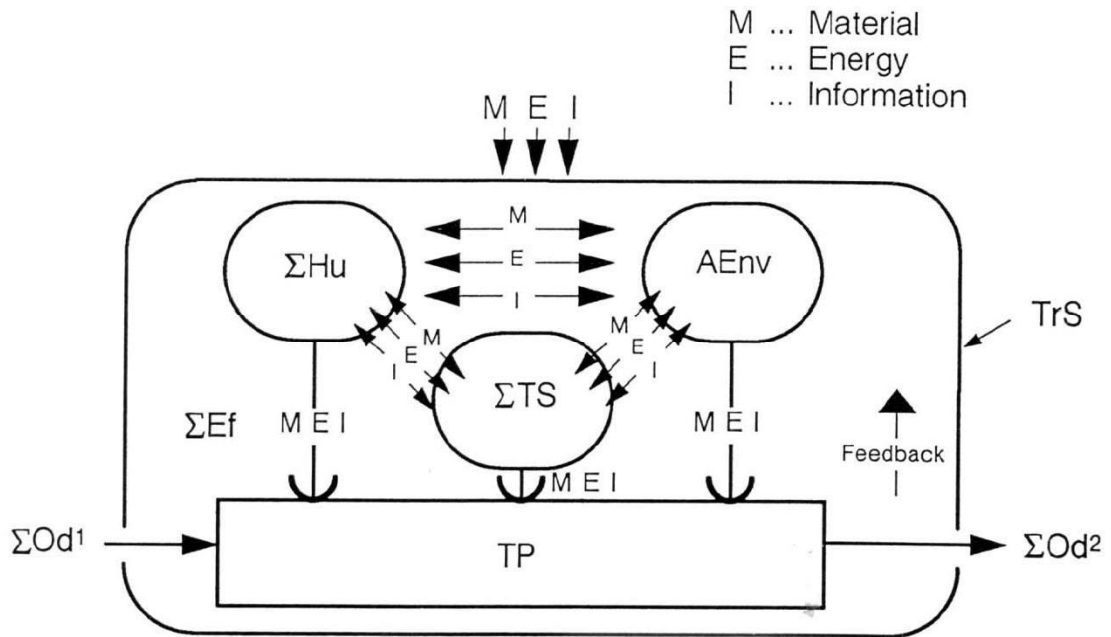
### 3.1. Tuoterakenne

#### 3.1.1. Tuoterakenteen teoreettinen perusta

Kaikilla tuotteilla on aina jonkinlainen tuoterakenne. Tiettyyn tuotteeseen parhaiten soveltuvan rakenteen määrittäminen vaatii usein ymmärrystä ja tietoa strukturointiteorioista sekä tuotearkkitehtuurien kehittämisestä. Seuraavaksi esitellään kolme teoriaa, jotka helpottavat teknisen järjestelmän ja tuoterakenteen muodostumisen ymmärtämistä.

#### **Theory of Technical Systems (TTS)**

Tekninen järjestelmä viittaa kaikenlaisiin ihmisten tekoihin ja aikaansaannoksiin. Hubkan kehittämä Theory of Technical Systems (TTS) käsittelee teknisiä järjestelmiä muunnoksen eli transformaation kautta. Lähtökohtina ovat tarpeet ja vaatimukset. Teknisen järjestelmän tehtävänä on tyydyttää nämä tarpeet ja vaatimukset. Tarpeen tyydyttäminen on siis siirtyminen alkutilasta, jossa tarve ei ole tyydytetty, lopputilaan, jossa tarve on tyydytetty. Siirtyminen tapahtuu useiden välitilojen kautta. (Hubka 1982) Kuvassa 9 esitetään yleinen muunnosprosessi Hubkan mukaan.



**Kuva 9. Muunnos teknisessä järjestelmässä Hubkan mukaan. (Lehtonen 2007, s.13)**

Tekninen prosessisysteemi koostuu neljästä alisysteemistä: tekninen systeemi ( $\Sigma TS$ ), ihmisen toiminta ( $\Sigma Hu$ ), järjestelmän aktiivinen ympäristö (AEnv) sekä tekninen prosessi tai transformaatio (TP). Teknisessä prosessissa yksi tai useampi operandi eli kohdemuuttuja (Od) muuttuu alkutilasta ( $Od^1$ ) lopputilaan ( $Od^2$ ), jolloin niiden attribuutit muuttuvat. Kohdemuuttujat voivat olla materiaalia (M), energiaa (E) tai informaatiota (I). Teknisen prosessin mahdollistaa yhden tai useamman alisysteemin (TS, Hu, AEnv) yhteistoiminta, joka tuottaa tarvittavat vaikutukset prosessin suorittamiseen. Haluttu prosessi onnistuu vain silloin, kun kohdemuuttujien ja alisysteemien välillä on oikea vuorovaikutus. TTS:ssä tavoitteiden (halutun lopputilan) ja ne tavoitteet toteuttavien keinojen välillä vallitsee aina kausaalinen suhde. (Hubka 1982)

Pahl & Beitz esittävät toisen toiminnon mallintamisen työkalun, jossa toimintoa käsitellään energia-, materiaali- ja signaalivuon muunnoksen kautta. Tätä kutsutaan musta laatikko -ajatteluksi (Black box). Siinä muunnossysteemi esitetään vain mustana laatikkona, josta voidaan nähdä pelkästään tulo- ja lähtösuureet. (Pahl&Beitz 1986/90, s.22-25) Kuvassa 10 on esitetty periaate musta laatikko -mallista.



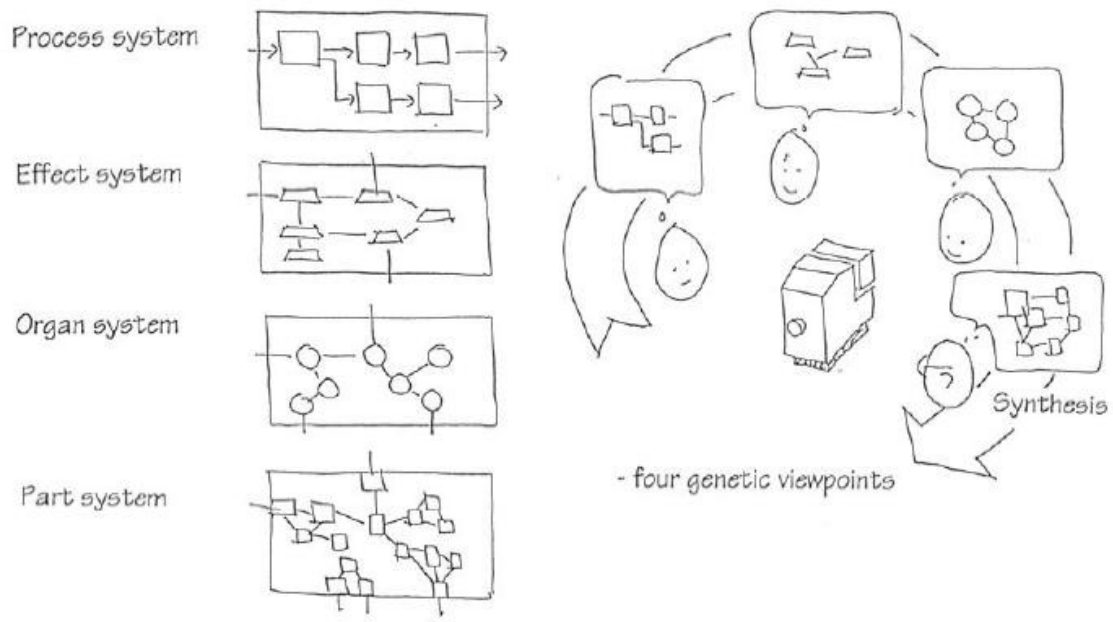
**Kuva 10. Energian, aineksen ja signaalin muunnos Black box -mallin mukaan. (Mukailtu lähteestä Pahl&Beitz 1986/90, s.24)**

Siinä ei siis oteta kantaa muunnoksen ratkaisuun, eli vuon muunnoksen aiheuttamaan toimintoon toisin kuin Hubkan esittämässä TTS:ssä. Tämä onkin suurin ero näiden kahden mallin välillä. Myöhemmässä vaiheessa voidaan musta laatikko -ajattelussakin siirtyä ratkaisun tarkasteluun, sekä jakaa toiminto pienempiin osatoimintoihin. Näissä sitten tarkastellaan yksitellen niissä tapahtuvat energia-, materiaali- ja signaalimuunnokset. (Pahl & Beitz 1986/90, s.22-25)

### **Theory of Domains**

Andreasenin kehittämä Domain-teoria (The Domain Theory) jatkaa Hubkan ajattelua eteenpäin ja lähemmäs käytännön suunnitteluympäristöä. Siinä synteesi, eli rakenteiden muodostaminen, esitetään neljässä eri domainissa, joita ovat prosessi-, toiminto-, orgaani- ja osadomainit. Nämä neljä domainia muodostavat kausaalisuusketjun, joka voidaan käsittää transformaatiojärjestelmänä, jossa aluksi määritellään tuotteen tarkoitus ja tarvittavat toiminnot. Kullekin toiminnolle pyritään löytämään ratkaisu jostakin orgaanista, eli toiminnon toteuttajasta. Nämä ratkaisut yhdistyvät tuotteen rakenteessa. Orgaanit puolestaan koostuvat osista. Kuvassa 11 on esitetty Domain-teorian neljä eri aluetta ja periaatekuva tuoterakenteen synteesisistä. (Andreasen 2003 s.2-4)

The domain theory explains the structuring of the synthesis

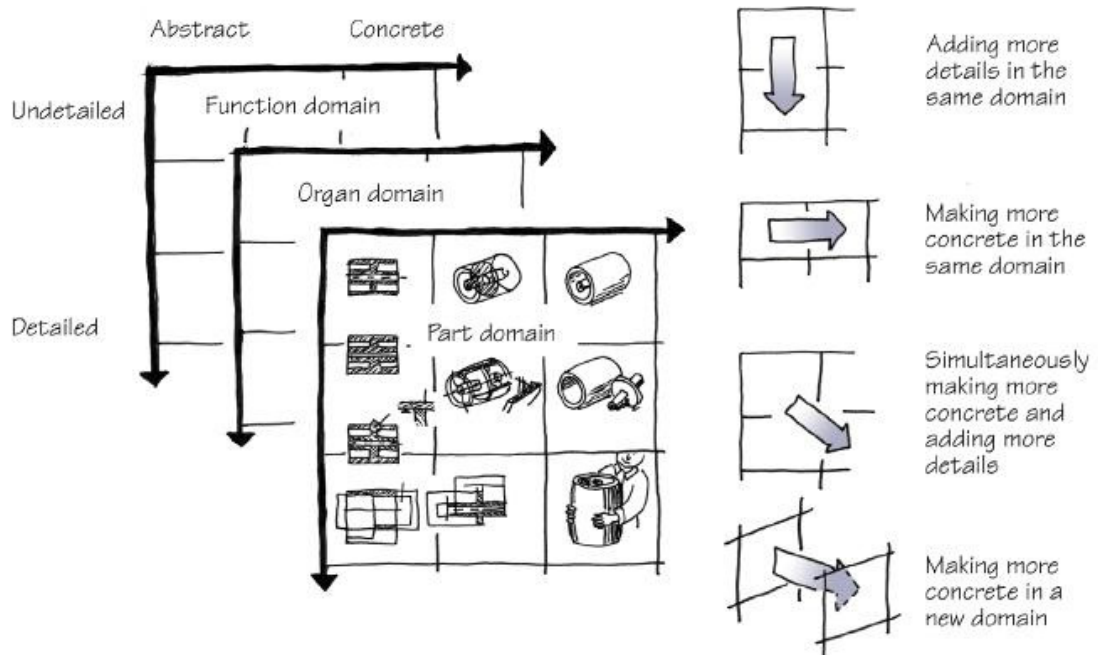


**Kuva 11. Domain-teorian neljä osa-aluetta ja tuotteen eri näkökulmat. (Lehtonen 2007, s.22)**

Domain-teoriassa jokainen alue eli domain kuvaa tuotetta eri näkökulmasta. Prosessidomainissa kuvataan materiaali-, energia- ja informaatiovirran muunnosta tuotteen käytön aikana. Tämä voidaan nähdä samana, kuin Hubkan TTS:ssä esittämä tekninen prosessi. (Harlou 2006, s.31) Toimintodomainissa keskitytään toimintoihin ja vaikutuksiin, jotka ovat välttämättömiä halutun muunnoksen syntymiseen. Toiminnot kuvaavat sen mihin tuotteen tulee pystyä. Orgaanidomain kuvaa ne oliot, jotka saavat aikaan halutut toiminnot. Näitä orgaaneja kutsutaan myös toiminnon toteuttajiksi. Mortensen määrittelee orgaanin konkreettiseksi elementiksi tai usean elementin väliseksi vuorovaikutukseksi, jonka fysiikan lait mahdollistavat. (Mortensen 2000) Osadomain käsittää orgaanien fyysiset toteutumat. Kunkin osan materiaalin, muodon, mittojen, toleranssien ja pinnan laatuja määrittämisen sekä osien välisten vuorovaikutusten määrittämisen avulla luodaan orgaaneille ja niiden toiminnoille tarvittavat olosuhteet. (Andreasen & al 1996) Eri näkökulmat voidaan myös nähdä yrityksen eri toimintojen näkemyksinä tuotteesta. Myyntiosasto näkee tuotteen yleensä sen eri toimintojen kautta, ja heidän näkemyksensä tuotteesta perustuukin toimintorakenteeseen. Orgaanirakenne on, tai ainakin pitäisi olla, suunnittelun näkökulma tuotteeseen. Suunnittelun tulisi kehittää pelkkien komponenttien ohella myös ratkaisumalleja. Tuote konkretisoituu osarakenteessa, ja se onkin tuotannon luontevin näkökulma tuotteeseen. (Andreasen 2003, s.2-4)



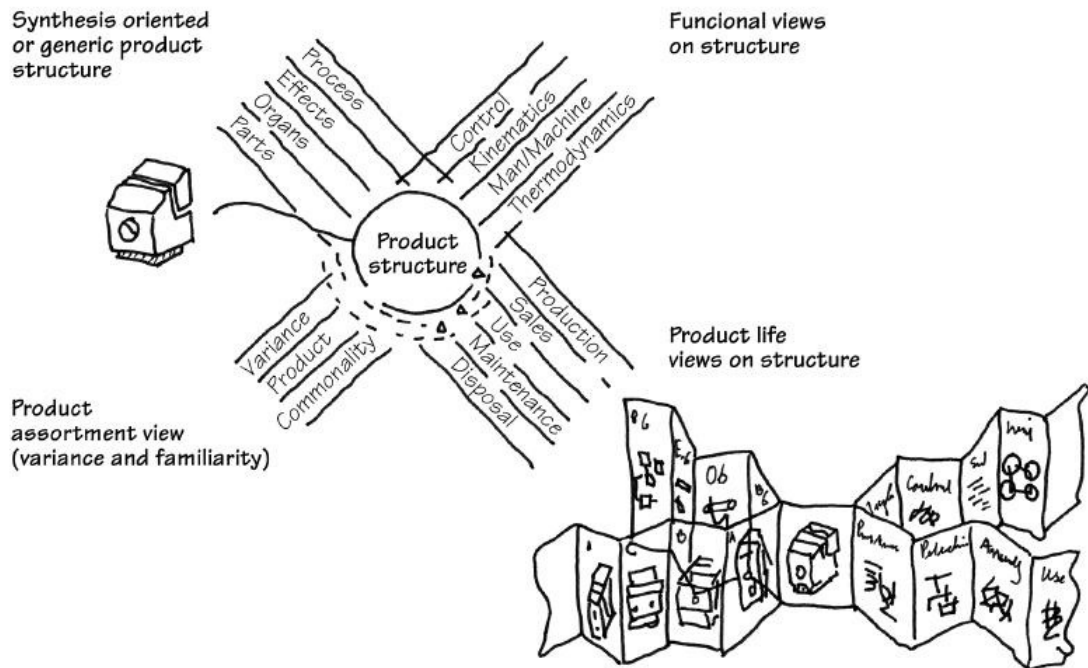
Andreasenin mukaan domainit voidaan myös käsittää suunnittelun etenemisen vaiheina. Suunnittelun edetessä siirrytään toimintodomainista orgaanidomainiin kautta osadomainiin. Kuvassa 12 esitetään, kuinka tämä siirtyminen domainissa ja domainien välillä tapahtuu. Kun liikutaan horisontaalisesti, eli konkretisoidaan suunnittelua, päätetään asioita, kuten mittoja, materiaaleja jne. Kun taas liikutaan vertikaalisesti, eli tarkennetaan suunnittelua, päätetään tuotteeseen tulevista elementeistä/osista. (Harlou 2006, s.80)



Kuva 12. Suunnittelun neljä etenemissuuntaa Andreasenin mukaan. (Harlou 2006, s.80)

### Monta rakennetta (Multiple structures)

Yleensä yrityksissä osaluettelo eli BOM (Bill of Materials) on vallitseva näkemys tuotteesta tai tuoteperheestä. Tuotannon kannalta se onkin riittävä, mutta muiden toimintojen, kuten myynnin kannalta se ei kuitenkaan läheskään aina ole. Ongelmana on se, että yhtä tuotetta tai tuoteperhettä kohti on monta näkymää ja rakennetta. (Mortensen & Hansen 1999) Yleensä, kun puhutaan tuotteen rakenteesta, ajattelemme sen fyysistä osarakennetta, mutta se on vain yksi näkökulma. Andreasen ja kumppanit ovatkin sanoneet tuotteen rakenteesta seuraavaa: "the structure of a product is the way in which its elements are interrelated in a system model, based on the actual viewpoint" (Andreasen & al 1995), eli rakenne riippuu näkökulmasta, ja yhdessä tuotteessa on monta päällekkäistä rakennetta tai näkökulmaa. (Harlou 2006, s.33) Kuva 13 esittää Andreasenin ja kumppaneiden näkemyksen tuotteen rakenteen neljästä eri luokasta.



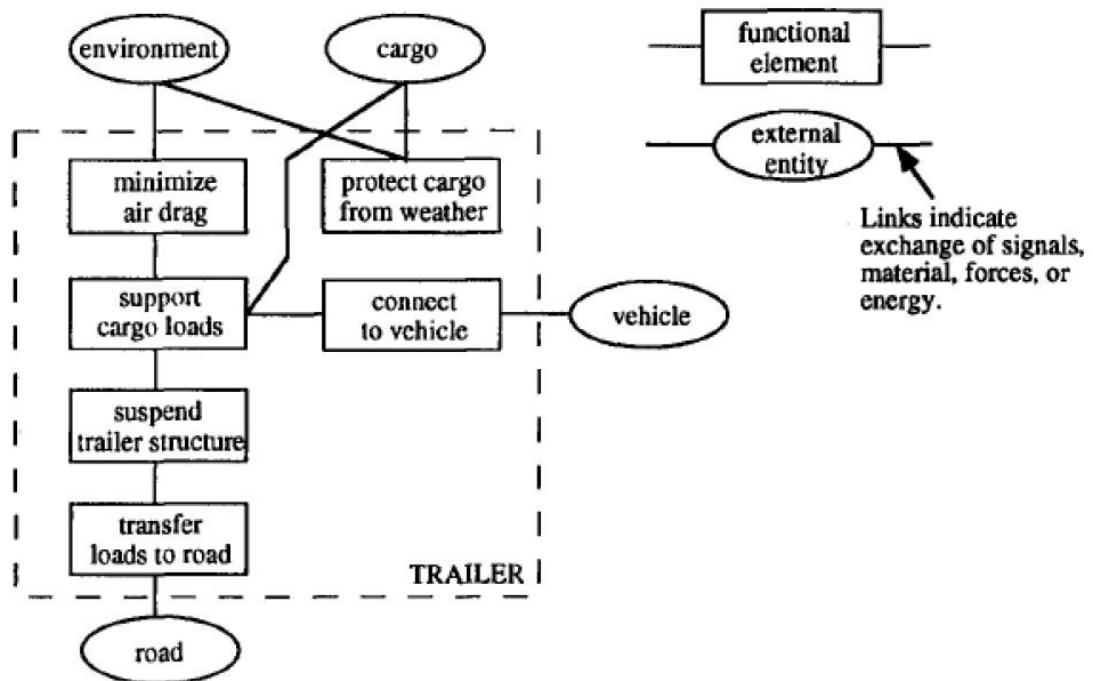
Kuva 13. Tuotteen rakenteiden neljä luokkaa Andreassenin ja kumppaneiden mukaan. (Harlou 2006, s.34)

Tuote on yleensä osa laajempaa tuotevalikoimaa. Tuotevalikoimaan perustuvasta näkymästä (Product assortment view) tulisi selvittää kaikki tarjottavat variantit sekä tuotteiden ja tuoteperheiden väliset yhtenevyydet. Tuotteen elinkaareen perustuvat näkymät (Product life views) liittyvät niihin elämänvaihesysteemeihin, joihin tuote osallistuu ja liittyy elinkaarensa aikana. Esimerkiksi tuotantosysteemi, kuljetussysteemi jne. Geneeriseen tuoterakenteeseen perustuvat näkymät (Generic product structure) kuuluvat Domain-teoriaan, jossa tuotteen synteysi selitetään rakenteen asteittaisena määräytymisenä neljässä domainissa. Toimintoihin perustuvat näkymät (Functional views) puolestaan kuvaavat tuotetta sen monien ominaisuuksien, kuten ohjauksen ja liitäntöjen kautta. (Harlou 2006, s.33)

### 3.1.2. Tuoterakenne ja tuotearkkitehtuuri

Tuote voidaan käsittää sekä toiminnallisesti että aineellisesti. Tuotteen toiminnalliset elementit ovat yksittäisiä toimintoja ja muutoksia, jotka vaikuttavat osaltaan tuotteen kokonaistoimintaan. Yleensä toiminnalliset elementit on kuvattu toimintokaavion muodossa ennen kuin ne on muutettu komponenteiksi tai fyysisiksi toimintoperiaatteiksi. (Ulrich & Eppinger 2008, s.164) Kuva 14 esittää auton perävaunun toimintokaavion Ulrichin mukaan. Dieselmootorin toiminnallisia elementtejä ovat esimerkiksi "muunna polttoaineen sisältämä energia mekaaniseksi energiaksi" ja "muunna mäntien suoraviivainen liike pyörimisliikkeeksi". Aineelliset elementit ovat osia, komponentteja ja alikokoonpanoja, jotka viime kädessä toteuttavat tuotteen toiminnot. Jotkut aineelliset elementit tulevat suoraan tuotekonseptista, ja muut

määräytyvät viimeistään yksityiskohtien suunnitteluvaiheessa. (Ulrich & Eppinger 2008, s.164-165)



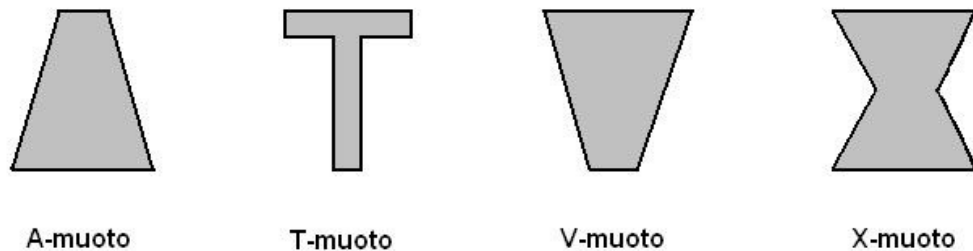
Kuva 14. Auton perävaunun toimintokaavio. (Ulrich 2007)

Tuoteperhe on ryhmä tuotteita, joilla on jotain yhteistä. Tuotteiden välinen yhtenevyys voi olla joko myynti- ja markkinointilähtöistä, tai se voidaan havaita jostain tuotanto-, alihankinta- tai suunnittelunäkökulmasta. Tästä johtuen se käsitetäänkin usein eri tavalla eri osastoissa. (Pulkinen 2007, s.53) Tuotannon näkökulmasta tuoteperhe on suuri joukko lopputuotteita, jotka koostuvat määrällisesti paljon pienemmästä joukosta moduuleja. (Ulrich & Tung 1991, s.75) Tuoteperheiden kohdalla puhutaan usein tuotevarianteista, jolloin tuoteperhe koostuu joukosta tuotevariantteja. Tuotteiden varioituminen pystytään esittämään tuoterakenteiden ja erityisesti niissä tehtävien muutosten perusteella. Tuotevariantit eroavat toisistaan rakenteidensa erojen mukaisesti. (Huhtala & Pulkinen 2009, s.139) Whitneyyn mukaan eri tuotevariantit voidaan muodostaa asiakasräätälöinnin tuloksena tuotealustasta eli platformista ja asiakasvaatimusten pohjalta varioiduista moduuleista. (Whitney 2004, s.349-350) Tuoteperheen asiakasräätälöinti tehdään yleensä systemaattisen tuotemuuntelun eli konfiguroinnin avulla. (Lehtonen & al. 2003)

Kirjallisuudesta löytyy monia määritelmiä tuoterakenteelle, mutta nämä eroavat toisistaan kuitenkin lähinnä terminologialtaan. Hyvänä esimerkkinä tästä on Peltonen & al. esittämä määritelmä, jonka mukaan tuoterakenne kertoo, kuinka tuote koostuu osista, jotka puolestaan koostuvat pienemmistä osista, jne. (Peltonen & al. 2002, s.60) Crnkovic & al. esittämässä määritelmässä tuoterakenne kertoo, miten osat on jaettu kokoonpanoihin ja komponentteihin. Kokoonpano koostuu muista

kokoonpanoista/alikokoonpanoista ja/tai komponenteista. Tuoterakenteen alin taso on komponenttitaso. (Crnkovic & al. 2003, s.25) Kun näitä määritelmiä verrataan, huomataan puhuttavan samasta asiasta eri termeillä.

Tuoterakenteen luonne liittyy läheisesti tuotteen rakenteeseen. Tämä näkyy komponenttirakenteen muodosta. Muoto määräytyy osaksi tietyllä tasolla käytettyjen osien ja komponenttien määrästä. Mitä enemmän osia on käytetty, sitä leveämpi on muoto. Komponenttien ja osien standardisointi kaventaa tuoterakenteen muotoa. Muoto määräytyy myös osaltaan siitä, kuinka paljon osia ja komponentteja tehdään itse, ja kuinka paljon ostetaan muualta. Mitä enemmän osia ostetaan ulkopuolelta, sitä kapeampi on muoto, ja puolestaan mitä enemmän tehdään itse, sitä leveämpi on muoto. Tuoterakenteiden muodoista voidaan tunnistaa ainakin neljä eri muotoa eli A-, T-, V- ja X-muodot. (Slack 2007, s.444) Nämä muodot on esitetty kuvassa 15.

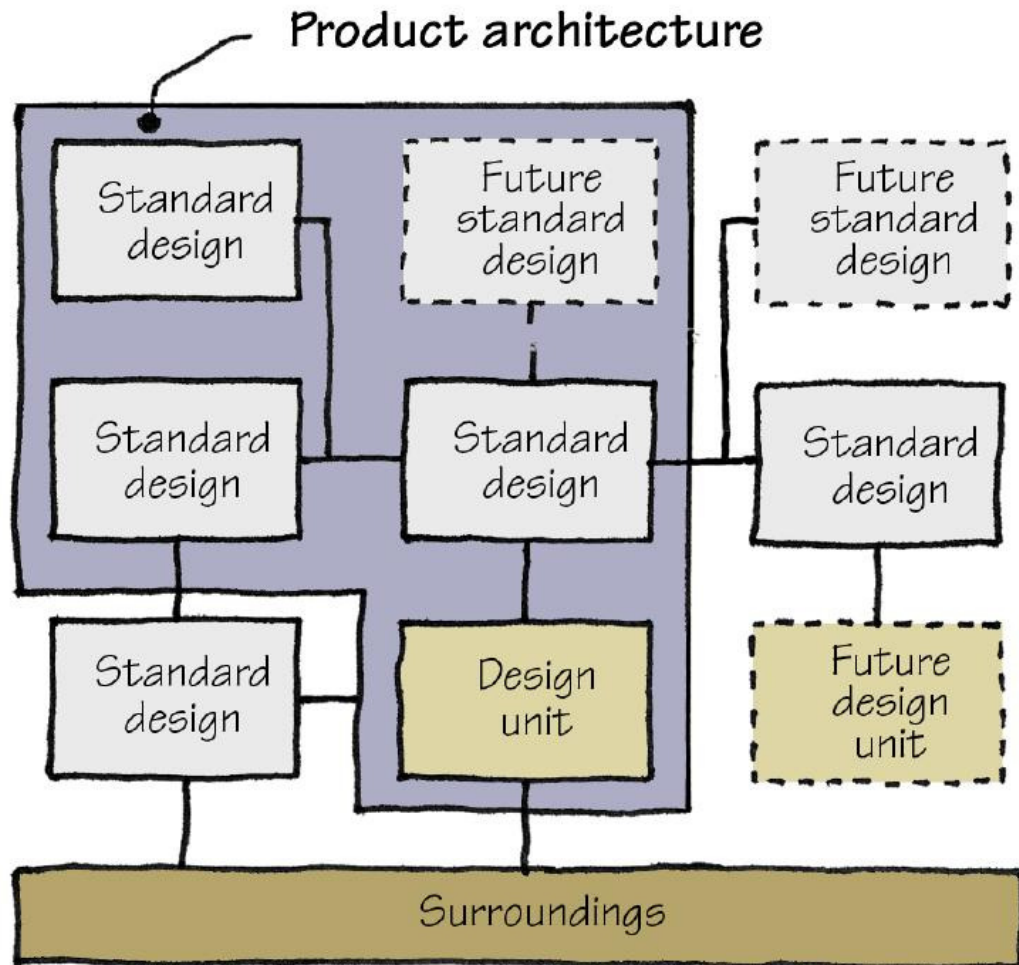


**Kuva 15. Tuoterakenteen neljä eri muotoa. (mukailtu lähteestä Slack 2007, s.444)**

Yrityksellä, jonka tuoterakenne edustaa A-muotoa, on hyvin rajallinen tuotevalikoima. Kuitenkin valikoiman vähyydestä johtuen voidaan saavuttaa suurtuotannon etuja esimerkiksi kustannuksissa. Tällaisia tuotteita voidaan myös tehdä varastoon, jolloin tuotannon suunnittelu on helpompaa. T-muodon tuoterakenne on tyypillinen yritykselle, joka valmistaa pienestä määrästä raaka-aineita paljon asiakasräätälöityjä lopputuotteita. Koska nämä tuotteet räätälöidään asiakaskohtaisesti, valmistetaan ne vain tilausten perusteella. V-muodon omaava tuoterakenne muistuttaa paljon T-muotoa, mutta sisältää vähemmän standardisointia. Myös nämä tuotteet valmistetaan tilausten perusteella. Näissä on kuitenkin se riski, että jos jonkun raaka-aineen saatavuus vaarantuu, vaikuttaa se useaan yrityksen lopputuotteeseen. X-muoto kuvaa tuoterakennetta, jossa tuotteet muodostuvat pienestä määrästä standardimoduuleja. Näitä standardimoduuleja kuvaa X:n "vyötärö". Standardimoduulit koostuvat suuremmasta määrästä osia ja komponentteja, ja moduuleista voidaan puolestaan yhdistellä suuri määrä erilaisia lopputuotteita. (Slack 2007, s.444-445)

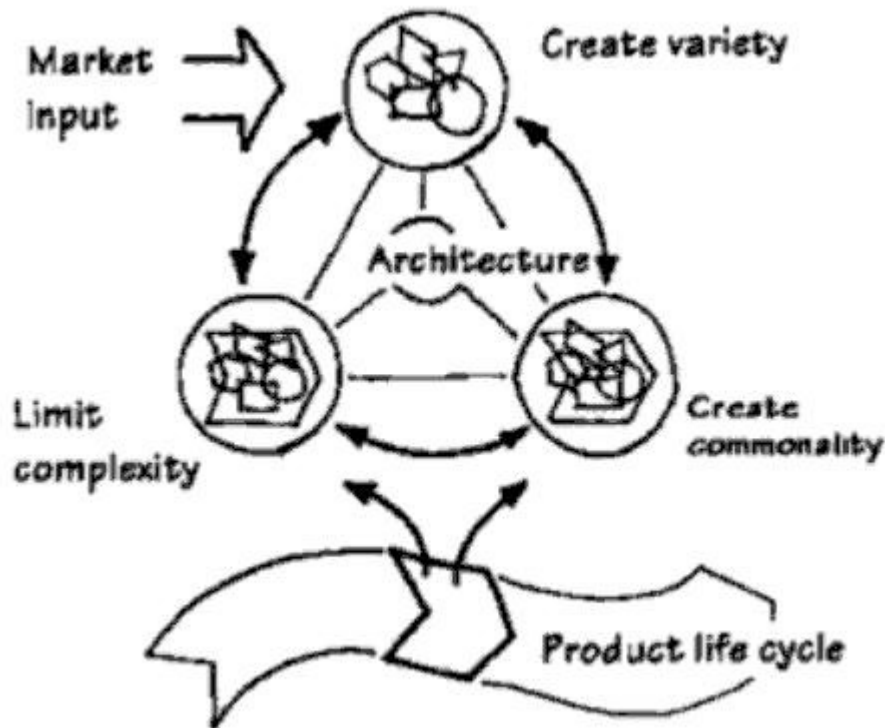
Muissa lähteissä samaa asiaa käsitellään käyttämällä termiä tuotearkkitehtuuri, joka on kuvaus siitä, kuinka toiminnolliset elementit järjestellään ja toteutetaan fyysisillä elementeillä. (Ulrich & Eppinger 2008, s.165) Tuoterakenne ja tuotearkkitehtuuri ymmärretään yleensä synonyymeinä toisilleen sillä erotuksella, että tuoterakenteiden määritelmät eivät näytä sisältävän eri abstraktion tasojen välisiä yhteyksiä, niin kuin tuotearkkitehtuurien määritelmät sisältävät. Johtopäätöksenä voidaan esittää, että rakennetaso kuvaa yksityiskohtaisuuden astetta, ja arkkitehtuuritaso abstraktion astetta. (Stake 2001, s.174)

Harlou määrittelee tuotearkkitehtuurin yhden yksittäisen tuotteen kattavien arkkitehtuurien luokaksi. Tuotearkkitehtuuri rakentuu olemassa olevista vakiomoduuleista (Standard desing), olemassa olevista suunnitteluyksiköistä (Design unit), tulevista vakiomoduuleista (Future standard design) ja tulevista suunnitteluyksiköistä (Future design unit). Arkkitehtuuri sisältää yksiköiden ja moduulien väliset liitännät sekä liitännät ympäristöön. (Harlou 2006, s.85) Kuva 16 esittää tuotearkkitehtuurin Harloun mukaan. Tässä yhteydessä vakiomoduulia (Standard design) on käytetty kuvaamaan suunnitteluyksikköä, joka on suunniteltu käytettäväksi yhdessä tai useammassa tuoteperheessä. (Harlou 2006, s.80) Mortensen ja Andreasen puolestaan määrittelevät suunnitteluyksikön seuraavasti: suunnitteluyksikkö on toiminto, orgaani, osa tai näiden joukosta kapseloitu rakenne. Suunnitteluyksiköt yhdessä muodostavat tuotteen. (Mortensen & Andreasen 1996) Tässä yhteydessä suunnitteluyksikkö (Design unit) on moduuli, joka on suunniteltu käytettäväksi vain tietyssä tuotteessa. (Harlou 2006, s.82) Yksittäisen tuotteen tuotearkkitehtuuri on johdettu tuoteperhearkkitehtuurista, joka puolestaan on johdettu tuotevalikoima-arkkitehtuurista. (Harlou 2006, s.83-85)



Kuva 16. Tuotearkkitehtuuri Harloun mukaan. (Harlou 2006, s.85)

Riitahuhtan ja Andreasenin mukaan tuoteperheen arkkitehtuurin tavoitteita ovat variaatioiden luominen markkinoiden vaikutuksesta (Create variety), kompleksisuuden vähentäminen (Limit complexity) ja yhtenevyyksien kehittäminen (Create commonality) tietyssä tuotteen elinkaaren (Product life cycle) vaiheessa. (Riitahuhta & Andreasen 1998) Kuvassa 17 esitetään kyseinen näkemys tuoteperheen arkkitehtuurista.

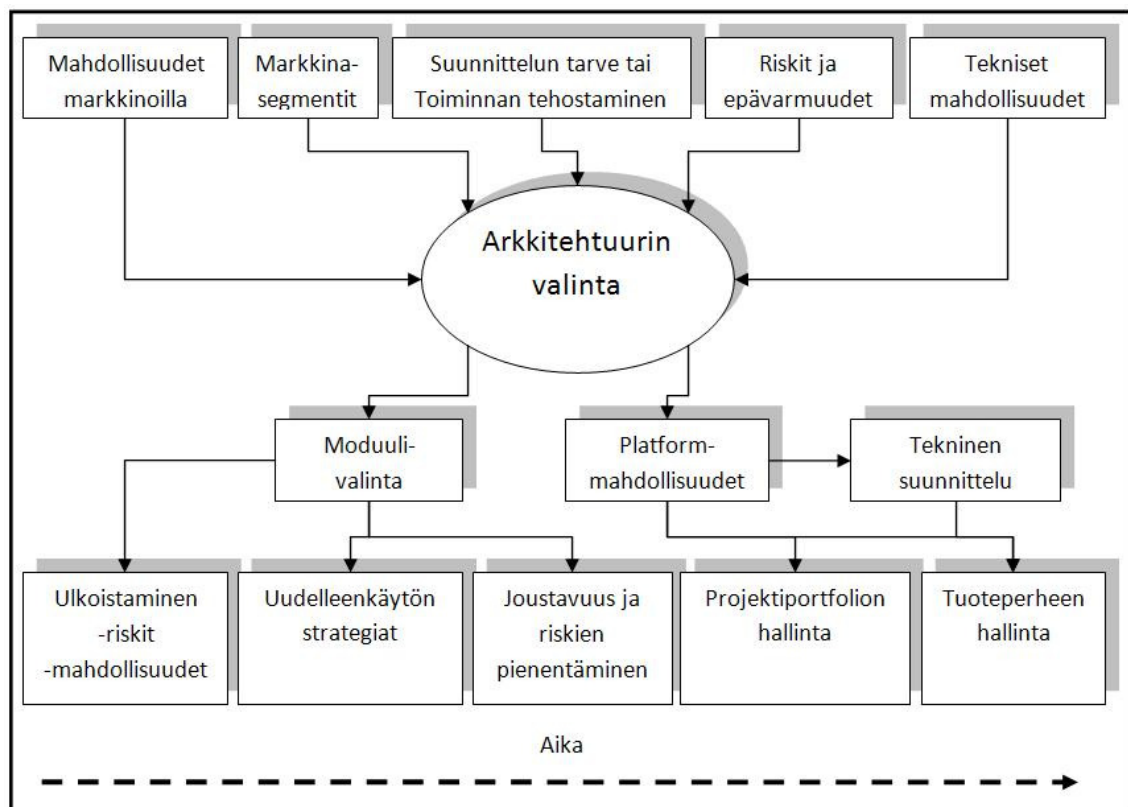


Kuva 17. Tuoteperheen arkkitehtuuriin vaikuttavat olosuhteet. (Riitahuhta & Andreasen 1998, s.171)

Kompleksisuuden tai monimutkaisuuden vähentämisellä tarkoitetaan sitä, että tuote on helposti omaksuttavissa ja sitä ei siis koeta monimutkaiseksi. Varioituvuuden tärkeys korostuu markkinointinäkökulmasta, yhtenevyys yrityksen näkökulmasta ja monimutkaisuuden väheneminen tuotekehityksen, valmistuksen sekä elinkaaren toimintojen kannalta. Kuten aiemmin esitetystä Domain-teoriasta nähdään, on monta näkökulmaa tuoterakenteen muodostumiselle. Näiden näkökulmien tulee toteutua yhdessä tuotteessa tai tuoteperheessä. (Riitahuhta & Andreasen 1998)

Arkkitehtuuria suunniteltaessa ongelmaksi nousee se, miten rakenteessa voi olla samaan aikaan varioituvuudesta aiheutunutta erilaisuutta ja yhtenevyydestä johtuvaa samankaltaisuutta. Erilaisuus ilmenee yleensä muun muassa värin, muodon, toimintojen tai koon kautta. Yhtenevyys puolestaan havaitaan tuotteesta siitä, miten eri elementtejä käytetään systeemissä. Esimerkiksi erivärisissä kappaleissa voi olla samanlainen rajapinta sekä samankaltainen ulkonäkö. Arkkitehtuurin luomisessa tulisi ottaa huomioon myös arkkitehtuurin soveltuvuus Design for X -suunnitteluperiaatteisiin (DfX). DfX-menetelmässä painotetaan jonkin tietyn osa-alueen, kuten asennettavuuden (Design for Assembly eli DfA) tai valmistettavuuden (Design for Manufacturing eli DfM) merkitystä suunnittelussa. Normaalisti arkkitehtuurissa käytetään useita eri periaatteita samaan aikaan. Rakenteen muodostamisen periaatteita ei ole määritelty kovinkaan tarkasti, mutta niitä on tunnistettavissa useissa suunnittelutapauksissa. Näitä periaatteita ovat muun muassa suunnittelu helpon ylläpidon, myöhäisen varioinnin tai standardisoinnin pohjalta. (Andreasen 2003, s.9-10)

Whitney esittää, että arkkitehtuurin suunnittelussa tulee ottaa huomioon niin tekniset kuin ei-teknisetkin seikat. Tekniset seikat ovat suunnittelun ja tuotannon hallussa. Niitä ovat tuotteen ratkaisuperiaatteet eli toiminnallisuus ja tekninen toteutus, tuotteen layout eli sijoittelu, sekä arkkitehtuuri systeeminä eli rajapinnat ja niiden väliset vuorovaikutukset. Ei-tekniset seikat ovat puolestaan liiketoiminnan ominaisuuksia, ja niitä tulee muun muassa kaupallisilta markkinoilta sekä suunnittelun, tuotannon, alihankinnan ja rinnakkaissuunnittelun mahdollistamisen takia. Tällaisia ovat esimerkiksi tuotteen variointi ja muutosnopeus. Muutoksella tarkoitetaan tässä yhteydessä tuotteeseen kohdistuvien vaatimusten muuttumista ajan kuluessa. Tällaisia muutoksia voivat olla esimerkiksi teknologian kehittymisestä aiheutuvat vaatimusten muutokset. Lisäksi tuotannolliset ja taloudelliset syyt, kierrätettävyys, muutokset ja riskit jne. ovat ei-tekniisiä syitä, jotka vaikuttavat tuotearkkitehtuuriin, ja joihin tuotearkkitehtuurilla voidaan vaikuttaa. (Whitney 2004, s.352-355) Kuva 18 esittää arkkitehtuurin roolia tuotekehityksessä Whitneyn mukaan.



Kuva 18. Arkkitehtuurin rooli tuotekehityksessä. (Mukailtu lähteestä Whitney 2004)

Tuotearkkitehtuuri on Ulrichin ja Eppingerin mukaan kuvaus siitä, miten toiminnolliset elementit järjestellään ja toteutetaan fyysisillä elementeillä. Myös fyysisten elementtien rajapinnat ja vuorovaikutukset määritellään tuotearkkitehtuurissa. Toiminnollisten elementtien järjestelyn kuvauksella Ulrich ja Eppinger viittaavat toimintorakenteeseen. Se, miten toiminnolliset elementit toteutetaan fyysisillä elementeillä, voi johtaa modulaariseen tai integraaliseen tuotearkkitehtuuriin.

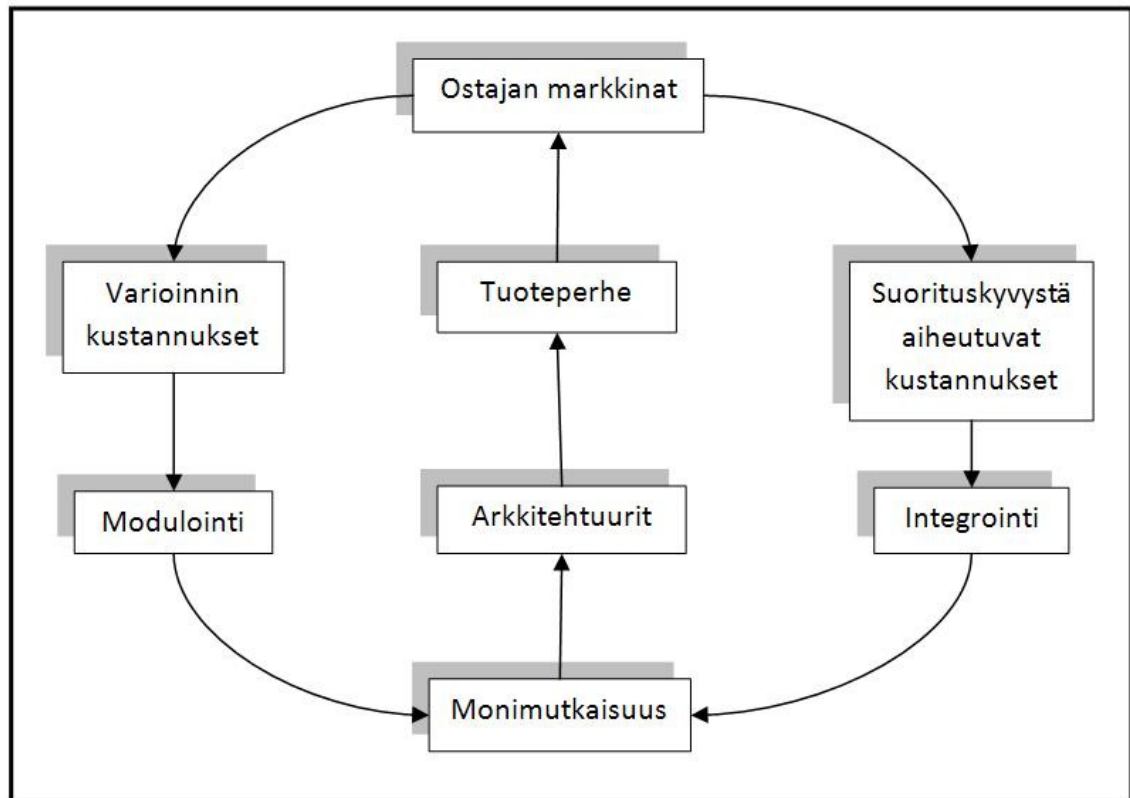


Täysin modulaarisessa tuotearkkitehtuurissa tiettyä toimintoa toteuttaa vain yksi moduuli, jolloin toiminto- ja moduulirakenteen vastaavuus on yksi-yhteen (one-to-one). Lisäksi vaaditaan, että eri moduulien välillä on hyvin määritellyt rajapinnat. Tällainen tuotearkkitehtuuri sallii yhteen moduuliin tehtävän muutoksen, joka ei vaadi muutoksia muihin moduuleihin tuotteen oikean toiminnan varmistamiseksi. Eri moduulit voidaan myös suunnitella itsenäisesti, tietysti huomioiden rajapinnat.

Modulaarisen tuotearkkitehtuurin vastakohta on integraalinen tuotearkkitehtuuri. Siinä toiminnollisia elementtejä toteuttaa useampi moduuli, ja puolestaan yksittäinen moduuli voi toteuttaa useita toimintoja. Näitä vastaavuuksia Ulrich ja Eppinger kuvaavat termeillä monta-yhteen (many-to-one) ja yksi-moneen (one-to-many). Lisäksi integraaliselle tuotearkkitehtuurille on ominaista, että moduulien väliset rajapinnat ovat huonosti määritellyjä, ja ne voivat olla sivuseikkoja tuotteen toimintoihin nähden. (Ulrich & Eppinger 2008, s.165-166) Erens ja Verhulst esittävät jo aiemmin esitettyjen kolmen lisäksi neljännen vastaavuuden monta-moneen, jossa monta eri toimintoa toteutetaan monella eri moduulilla. (Erens & Verhulst 1997, s.8)

Modulaarisuus edustaa joustavuutta ja vaihtokelpoisuutta. Se on tehokas tapa päivittää ja käyttää uudelleen olemassa olevia toimintoja, moduuleja ja kokoonpanoja. Se on myös hyvä keino hillitä variointista aiheutuvia kustannuksia. Integraalisuus puolestaan edustaa vakautta ja optimointia, ja sopiikin paremmin kustannus-suorituskyky suhteen parantamiseen. (Erens & Verhulst 1997, s.8-9) Tuotteet ovat todellisuudessa harvoin täysin modulaarisia tai täysin integraalisia. Voidaankin sanoa, että tuotteessa esiintyy enemmän tai vähemmän modulaarisuutta kuin verrattavassa tuotteessa. (Ulrich & Eppinger 2008, s.166)

Liiketoiminnan kannalta tuotearkkitehtuurin tulisi olla modulaarinen, jolloin toiminnot kytketään yksikäsitteisesti ja toisistaan riippumattomasti kokoonpanoihin ja osiin. Tekninen tehokkuus puolestaan vaatisi integraalista ratkaisua. Asiakaslaatu, eli se, kuinka yksittäisen asiakkaan tarpeisiin vastataan paremmin, nousee liiketoiminnan ja tuotekehityksen vaatimuksissa keskeiseksi asiaksi. Modulaarisilla tuotteilla asiakaskohtainen räätälöinti on tehokkaampaa kuin integraalisilla. Modulaarinen tuotearkkitehtuuri ei kuitenkaan ole aina paras vaihtoehto, vaan kustannukset, joilla variaatioita tai teknistä tehokkuutta tuotetaan, ovat kriittisiä. Markkinat päättävät mitä suositetaan (joko variointia tai tehokkuutta). Markkinoilla pärjää se yritys, joka pystyy vastaamaan haasteeseen parhaalla (toisin sanoen minimikustannuksiin pääsemistä suosivalla) arkkitehtuurilla. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.156) Tätä kuvataan kuvassa 19 esitetyillä tuotearkkitehtuurin ajureilla.



Kuva 19. Arkkitehtuurin ajurit. (Mukailtu lähteestä Erens & Verhulst 1997, s.1)

### 3.1.3. Tuoterakenteen muutokset ja hallinta

Moduulit (käytetään myös nimitystä lohkot) ovat tuotteen fyysisiä rakennusosia, mutta tuotteen arkkitehtuuri määrää, miten nämä lohkot liittyvät tuotteen toimintoihin. Arkkitehtuuri määrää myös, miten tuotetta voidaan muuttaa. Modulaariset lohkot sallivat muutoksen muutamaa tuotteen toiminnalliseen elementtiin ilman, että se välttämättä vaikuttaisi muihin lohkoihin. Integraalisen lohkon muuttaminen puolestaan voi vaikuttaa moniin toiminnallisiin elementteihin, ja näin vaatia muutoksia myös useaan muuhun liittyvään lohkoon. (Ulrich & Eppinger 2008, s.167-168) Seuraavaksi esitellään mahdollisia syitä tuotemuutoksiin Ulrichin ja Eppingerin mukaan:

- *Päivitys* (Upgrade): Kun teknologia kehittyy tai käyttäjän tarpeet muuttuvat, voivat jotkut tuotteet kompensoida tätä kehitystä päivityksillä. Esimerkiksi jäähdytysjärjestelmän pumppu voidaan vaihtaa tehokkaampaan versioon.
- *Lisäykset* (Add-ons): Monet valmistajat myyvät tuotteitaan perusyksiköinä, joihin käyttäjä voi lisätä ominaisuuksia tarpeen mukaan. Esimerkiksi tietokoneeseen voidaan lisätä muistia, jos se koetaan tarpeelliseksi.
- *Mukautuvuus* (Adaptation): Pitkäikäisiä tuotteita voidaan käyttää eri ympäristöissä, jolloin niitä täytyy muuttaa olosuhteita vastaaviksi. Esimerkiksi koneita tai laitteita voi olla tarpeen muuttaa 220V-järjestelmästä 110V-järjestelmään tai päin vastoin.

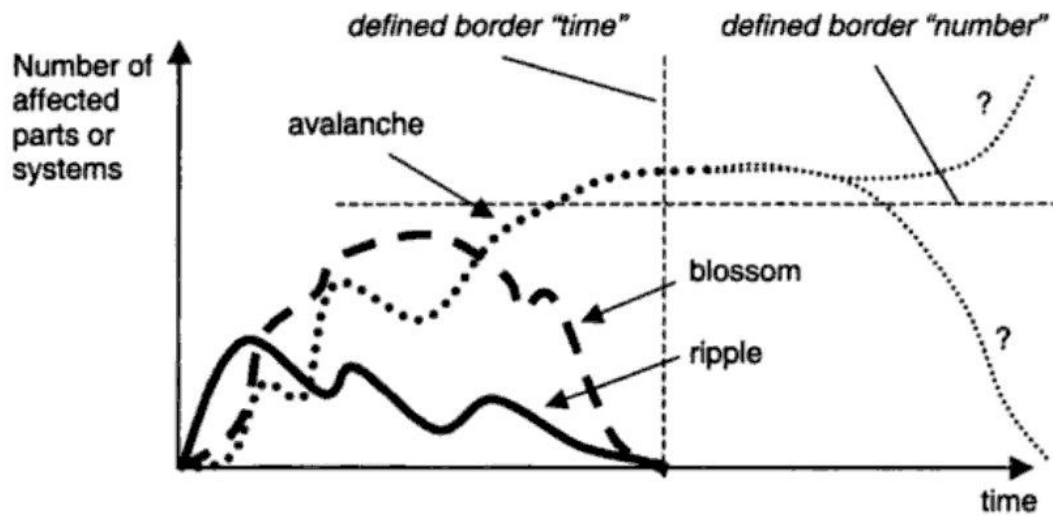
- *Kuluminen* (Wear): Tuotteen fyysiset elementit voivat kulua ja hapertua käytön aikana, jolloin käyttöiän kasvattamiseksi täytyy kuluneita komponentteja uusia. Esimerkiksi auton renkaat uusitaan, kun ne ovat kuluneet tarpeeksi.
- *Kulutus* (Consumption): Jotkut tuotteet kuluttavat materiaalia, joka täytyy voida täydentää. Esimerkiksi tulostimet ja kopiokoneet käyttävät mustekasetteja, jotka täytyy uusia, kun vanhasta on muste loppu.
- *Käytettävyys* (Flexibility in use): Käyttäjä voi joidenkin tuotteiden kohdalla määritellä itse, mitä ominaisuuksia siltä haluaa. Esimerkiksi monia kameroita voidaan käyttää eri linssi- ja salamavalovaihtoehtoilla.
- *Uudelleenkäyttö* (Reuse): Kun tehdään peräkkäisiä tuotteita, voi yritys haluta muuttaa vain muutamaa toiminnallista elementtiä, ja pitää lopun tuotteesta koskemattomana. Esimerkiksi elektroniikkavalmistajat voivat haluta uudistaa vain tuotteen käyttöliittymän ja ulkokuoren sisäosien pysyessä samana, kuin aiemmassa tuotteessa.

Jokaisessa edellä mainitussa tapauksessa modulaarinen arkkitehtuuri sallii yrityksen minimoida fyysiset muutokset, jotka vaaditaan toiminnollisen muutoksen saavuttamiseen. (Ulrich & Eppinger 2008, s.168)

Eckertin ja kumppaneiden mukaan tuotemuutoksia on kahdenlaisia. Ne voivat olla joko tarkoituksellisia muutoksia, jotka perustuvat yleensä asiakasvaatimuksiin, tai pakollisia muutoksia. Pakolliset muutokset aiheutuvat ongelmista suunnittelussa tai ennalta arvaamattomista sivuvaikutuksista, kuten odottamaton käytös osien välisissä kontakteissa. Kuitenkin molemmissa tapauksissa yksittäinen muutos yleensä aiheuttaa monia muita muutoksia, ja lähteestä huolimatta voi syntyä monimutkainen muutosprosessi. Tuotteen käytöksen määräävät sen osien ja systeemien väliset monimutkaiset vuorovaikutukset. Osien täytyy liittyä toisiin osiin, osien täytyy liittyä systeemeihin ja systeemien täytyy liittyä toisiin systeemeihin. Tällöin muutokset osiin tai systeemeihin suurella todennäköisyydellä aiheuttavat muutoksia muihin osiin, jotka puolestaan voivat aiheuttaa muutoksia muihin systeemeihin. Tuoterakenteessa olevat osat voivat toimia muutoksen vaimentimina (Absorber), kantajina (Carrier) tai moninkertaistajina (Multiplier). Vaimentajat tyypillisesti estävät muutoksen jatkumista, kun taas kantajat jatkavat muutoksen eteenpäin. Moninkertaistajat puolestaan levittävät muutokseen moneen tuoterakenteen haaraan. (Eckert & al. 2001, s.577-578)

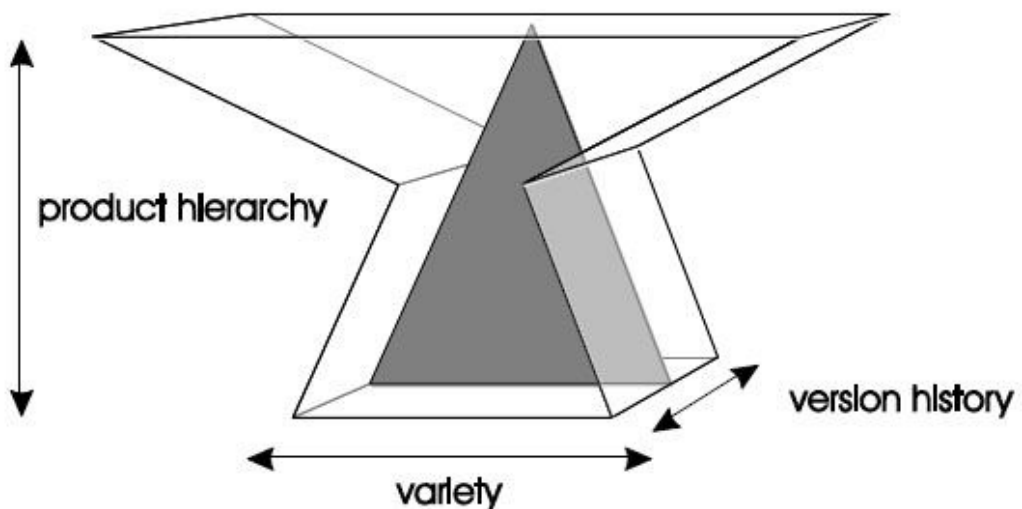
Muutosprosessit voidaan jakaa kahteen kategoriaan sen mukaan, onko muutosprosessi pysähtynyt tiettyyn määrään ja aikaan vai ei. Päättävistä muutosprosesseista voidaan erottaa kaksi eri muotoa. Aaltomainen (Ripple), joka yleensä on rutiininomainen muutos, mikä laantuu nopeasti, ja kukkamainen (Blossom), jossa suurempi määrä muutoksia päättyy odotetuissa rajoissa. Päättymätön muutosprosessi on lumivyörymäinen (Avalanche). Siinä on kasvava määrä muutoksia, jotka pysähtyvät tai eivät pysähdy odotetuissa rajoissa. Tyypillisesti yksi iso muutos aiheuttaa monta muuta

isoa muutosta. (Eckert & al. 2001, s.579) Kuva 20 esittää muutosprosessien eri muotoja Eckertin ja kumppaneiden mukaan.



Kuva 20. Muutosprosessien muodot. (Eckert & al. 2001, s.579)

Versio on otos kappaleesta tietyllä ajan hetkellä. Kaikilla kappaleilla on yksi tai useampi versio. Koska kappaleet itsessään ovat hierarkkinen kokoelma komponentteja, tarvitaan konfiguraatioita liittämään yhteen kappaleen versio ja sen kaikkien komponenttien versiot. Konfiguraatioita voi olla sekä tuoteperheille että varianteille. Suunnitelman ratkaisuvapaus (Solution space) määräytyy sen varianttien ja versioiden kautta. Kuva 21 esittää kolmiulotteista ratkaisuvapautta, joka koostuu tuotehierarkioista (product hierarchy), perheiden ja varianttien lajittelusta (variety) ja kaikkien perheiden ja varianttien versioista (version history). (Erens 1996, s.225)



Kuva 21. Ratkaisuvapaus. (Erens 1996, s.225)

Kuvassa 21 oleva harmaa kolmio kuvaa tietyn variantin rakennetta tietyssä versiohistorian pisteessä. Sellainen konfiguraatio on määritelty kaikissa domaineissa, missä kyseinen tuoteperhekin on määritelty. Muutoksen lisääminen on prosessi, missä konfiguraatioon sisällytetään uusia versioita. Muutoksen lisäämisen mekanismiin liittyy kaksi tärkeää asiaa: (1) kuinka rajata muutoksen laajuus, ja (2) kuinka selventää muutosten kulku. Muutoksen lisääminen voi vaikuttaa sekä tuoteperheisiin että variantteihin. Molemmissa tapauksissa kaikkien liittyvien osien samanaikainen muuttaminen voi helpottaa muutoksen kulun selventämistä. Vaikeampi asia on kuitenkin rajata muutoksen laajuus. Harvoin suunnittelija haluaa luoda uuden konfiguraation tuotehierarkian alkuun asti. Yksi keino on luoda konfiguraatiosta graafinen malli ja määrittää siitä, kuinka pitkälle muutoksen halutaan ulottuvan. Toinen keino on asettaa kappaleisiin rajoituksia, jolloin muutoksen lisääminen pysähtyy, jos uuden konfiguraatioversion luominen rikkoo asetettuja rajoituksia. Tätä keinoa voidaan tukea arkkitehtuurien määritelmällä: jos rajoitetta rikotaan, täytyy kappaleesta luoda uusi versio. Muuten kappale on vaihtokelpoinen vanhan kanssa, ja se ei näin ollen tarvitse erilaista tunnusta tai versiota. Muutoksen lisäystä ei pitäisi ajatella pelkästään domainin sisäisten liitännöiden perusteella, vaan tulisi myös huomioida domainien väliset liitännät. Toiminnon uusi versio voi vaatia uudet versiot moduuleista, jotka kyseisen toiminnon toteuttavat. Modulaarinen arkkitehtuuri, jossa jokaista toimintoa kohden on vain yksi moduuli ja jokainen moduuli materialisoituu yhdessä kokoonpanossa, vähentää domainien välistä muutostarvetta. (Erens 1996, s.225-227)

Kun suunnitellaan monimutkaisia tuotteita, on osien hallinta yhtä tärkeää, kuin tuotetta kuvaavien dokumenttien hallinta. Tuoterakenne sisältää komponentit (elementit), niiden ulkoisesti näkyvät ominaisuudet ja näiden väliset suhteet. Tuoterakenteen hallinta sisältää seuraavat toiminnot (Crnkovic & al. 2003, s.24-25):

- Tuotekonfiguraatioiden tunnistaminen ja hallinta;
- Tuotevarianttien, platformien, optioiden, vaihtoehtojen ja korvaajien hallinta ja kehitys;
- Tuotteen määrittelytiedon ja rakenteen välisen yhteyden muodostaminen;
- Sallii muodostaa tuoterakenteesta domaineista riippuvia näkymiä, kuten suunnittelun näkymä ja tuotannon näkymä;
- Siirtää tuoterakenteen ja muuta tietoa molempiin suuntiin tuotetiedonhallintajärjestelmän (PDM) ja tuotannonohjausjärjestelmän (MRP) tai yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) välillä.

Peltosen ja kumppaneiden mukaan tuotteen rakenteiden hallinta on nimikkeiden hallinnan jälkeen PDM-järjestelmän tärkein ominaisuus. PDM-järjestelmän avulla luodaan ja ylläpidetään nimikkeiden välisiä riippuvuuksia kuvaavia yhteyksiä. He myös painottavat, etteivät yhteydet saisi rajoittua pelkästään "sisältää osan" (esim. komponentti A sisältää osan komponentti B) - ja "informaatio" (esim. komponentti

sisältää asennusohje dokumentin) -tyyppeihin, vaan että järjestelmään pitäisi voida helposti luoda muita käyttäjän tarvitsemia yhteystyyppejä attribuutteineen. Heidän mukaansa tärkeimmät PDM-järjestelmien hallitsevat tuotemallit ovat (Peltonen & al. 2002, s.67-69):

- *Tuotteen osarakenne.* Se määrittelee, mistä osista tuote koostuu, ja miten tuote karkealla tasolla kootaan ja valmistetaan. Se ei siis ole tarkalleen yhtä kuin osaluettelo (BOM). Yksinkertaisissa tuotteissa se on samalla tuotantorakenne.
- *Tuotteen toimintorakenne.* Se havainnollistaa valittuihin toimintoihin sisältyvien osien välisiä yhteyksiä. Esimerkiksi piirikaavio voi yksinkertaisissa tuotteissa esittää tuotteeseen liittyvien sähkökomponenttien välisiä yhteyksiä, jolloin sitä voidaan pitää toimintoon liittyvänä toimintomallina.
- *Tuotteen sijaintirakenne (layout).* Se puolestaan kuvaa tuotteen osien sijaintiin perustuvan rakenteen. Tätä rakennetta tarvitaan erityisesti fyysisesti laajoissa tuotteissa, kuten voimalaitoksissa. Se voi antaa tietoa esimerkiksi voimalaitoksen sähköjakeluhuoneen tietyn ohjauskaapin sisältämistä järjestelmistä.

## 3.2. Modulointi

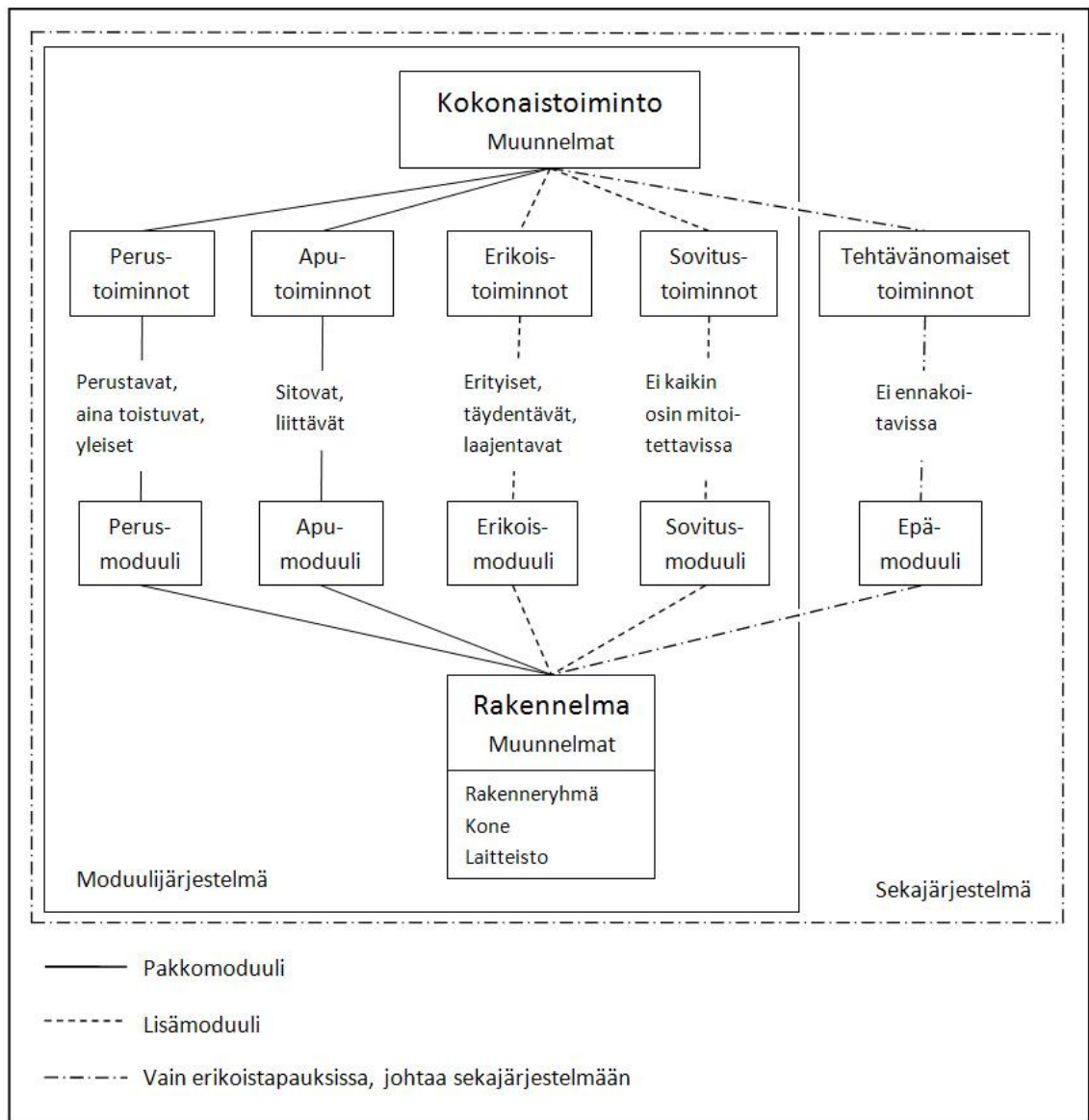
### 3.2.1. Modulaarisuuden määrittely

Modulaarisuus on enemmän kuin pelkkä suunnittelutekniikka. Se vaikuttaa koko tuotteen elinkaareen, vaikkakin sen soveltaminen painottuukin suunnittelun alkuvaiheisiin. (Marshall 1998, s.84)

Österholmin ja Tuokon mukaan modulointi on tuotteen jakamista itsenäisiin yksiköihin (moduuleihin). Näillä moduuleilla tulee olla tarkasti määritellyt ja vakioina pidettävät rajapinnat, jotka mahdollistavat yhdistettävyyden ja vaihdettavuuden eri moduulien välillä. Tällöin maksimoidaan standardikomponenttien lukumäärä ja saavutetaan parempi tuotevariaatioiden hallinta tunnistamalla tärkeimmät asiakasvaatimukset ja rajaamalla tuotteiden variointi strategisesti tärkeisiin ominaisuuksiin. Tuotteen jakaminen moduuleihin suoritetaan koko yrityksen strategiaan perustuvista syistä. Näitä syitä kutsutaan modulointia ohjaaviksi tekijöiksi, ja ne liittyvät yrityksen eri toimintoihin, tuotteen elinkaareen ja yrityksen toimintaympäristön tuotteelle asettamiin vaatimuksiin. Tuotteen modulaarinen rakenne muodostetaan vertaamalla tuotteen sisältämiä teknisiä ratkaisuja edellä mainittuihin syihin. (Österholm & Tuokko 2001, s.8-9)

Pahl & Beitz näkevät moduloinnin jatkeena tuotesarjakehittelylle. Tuotesarjat ovat teknisiä rakennelmia, joille on ominaista sama toiminto, sama ratkaisu, valmistus monina kokoina ja valmistus mahdollisimman samalla tavalla. Niillä siis pyritään soveltamaan samaa toimintoa ja ratkaisuluonnosta mahdollisimman samanlaisilla ominaisuuksilla laajalla kokoalueella. Jos kuitenkin tuoteohjelman täytyy toteuttaa erilaisia toimintoja, täytyy kulloinkin tarvittava toimintomuunnelmä kasata yhdistelemällä valmiiksi suunniteltuja yksittäisosia ja/tai rakenneryhmiä (toimintomoduuleja). Tällainen yhdistelmä toteutetaan moduulijärjestelmällä, joka Pahlin ja Beitzin mukaan on koneiden, rakenneryhmien ja yksittäisosien kokoelma. (Pahl & Beitz 1986/90, s.436)

Moduulijärjestelmän jäsenet, eli moduulit, toimivat rakennuspaloina, jotka edustavat erilaisia ratkaisuja, ja joita yhdistelemällä voidaan toteuttaa erilaisia kokonaistoimintoja. Pahl & Beitz jakavat moduulit toiminto- ja valmistusmoduuleihin. Jos kokonaistoimintomuunnelmien määrä on suuri, on tärkeintä tuotteen toimintoihin kohdistuva jäsentely toimintomoduuleihin. Tällöin jaon perustana käytetään toimintorakennetta. Jos taas kokonaistoimintomuunnelmien määrä on pieni, on tärkeämpää tuotteen valmistukseen kohdistuva jäsentely valmistusmoduuleihin. Tällöin jaon perustana on kokoonpanorakenne. Toimintomoduulit määritellään teknisten toimintojen näkökulmasta siten, että ne joko yksin tai yhdessä muiden moduulien kanssa toteuttavat eri toimintoja. Valmistusmoduulit puolestaan määritellään aina toiminnosta riippumatta puhtaasti valmistusteknisestä näkökulmasta. Pahl & Beitz jakavat toimintomoduulit perus-, apu-, erikois-, sovitus- ja epämoduuleihin. Perusmoduulit ovat "pakkomoduleja", ja ne toteuttavat järjestelmän perustoimintoja, jotka ovat perustavia, aina toistuvia sekä välttämättömiä, eivätkä ne periaatteessa muutu. Apumoduulit ovat kiinnitys- ja liitoselementtejä, jotka sitovat ja liittävät toimintoja yhteen. Erikoismoduulit ovat perusmoduulien erityisiä täydennyksiä tai lisäkkeitä, joita ei välttämättä aina tarvita kaikissa kokonaistoiminnon muunnelmissa. Sovitusmoduulit voivat olla joko pakko- tai erikoismoduuleita, ja niitä tarvitaan toisiin systeemeihin ja reunaehtojen sovittamiseen. Ne eivät ole kaikin osin mitoitettavissa etukäteen vaan niitä täytyy sovittaa tapauskohtaisesti. Epämoduulit toteuttavat moduulijärjestelmään kuulumattomat tehtävänomaiset toiminnot. Ne pitää kehittää yksittäiskonstruktioina konkreettista tehtävänasettelua vastaaviksi. Epämoduulien käyttö muiden moduulien kanssa johtaa sekajärjestelmään. (Pahl & Beitz 1986/90, s.437-438) Kuva 22 esittää toimintojen ja moduulien lajit moduuli- ja sekajärjestelmissä Pahlin ja Beitzin mukaan.



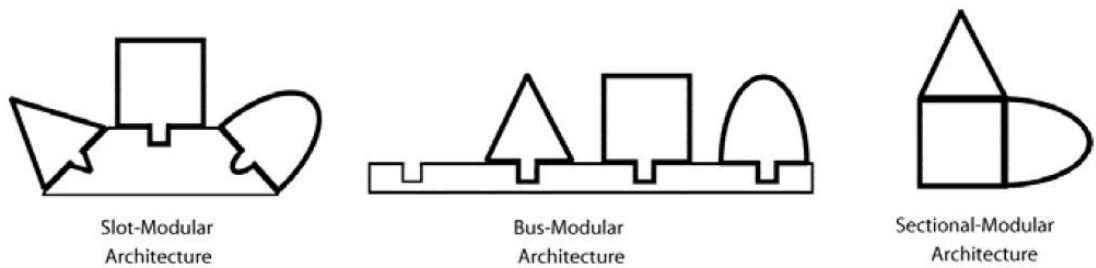
**Kuva 22.** Toimintojen ja moduulien lajit moduuli- ja sekajärjestelmissä. (Pahl & Beitz 1986/90, s.438)

Pahl & Beitz määrittelevät moduulijärjestelmän sen mukaan, onko kyseessä suljettu järjestelmä vai avoin järjestelmä. Avoimessa järjestelmässä kaikki lopputuotteet eivät ole määritettävissä etukäteen, koska yhdistelymahdollisuuksia on niin paljon, ettei niitä voida suunnitella eikä esittää täydessä laajuudessa. Suljetussa järjestelmässä kaikki tuotteet ovat määriteltävissä etukäteen. (Pahl & Beitz 1986/90, s.439) Myös Karl-Heinz Borowski tunnistaa avoimet ja suljetut järjestelmät. Hänen mukaansa avoimen järjestelmän suunnittelu alkaa selvittämällä tarpeelliset toiminnot, kun taas suljetun järjestelmän suunnittelu alkaa selvittämällä käyttötapaukset. Muutoin suunnittelun askeleet ovat samat. Tosin lähtökohtien erilaisuudesta johtuen suunnittelutehtävien sisältö muuttuu. Borowskin mukaan toiminnallisuus on tuoterakennejaon lähtökohta vain avoimessa järjestelmässä. (Lehtonen 2007, s.38)



Ulrich ja Eppinger käsittelevät modulaarisuutta vahvasti toimintoperusteisesti. He myös sanovat modulaarisuuden olevan tuotteen suhteellinen ominaisuus. (Ulrich & Eppinger 2008, s.166) Se kasvaa, jos toimintorakenne ja fyysinen rakenne samankaltaistuvat, eikä eri elementtien välillä ole päätoimintoon riippumattomia riippuvuuksia. Ulrichin määritelmän mukaisesti modulaarisuus riippuu tuotteen kahdesta ominaisuudesta: fyysisen ja toiminnallisen rakenteen samankaltaisuudesta ja toimintaan liittymättömien relaatioiden määrästä eri fyysisten elementtien välillä. (Lehtonen 2007, s.49)

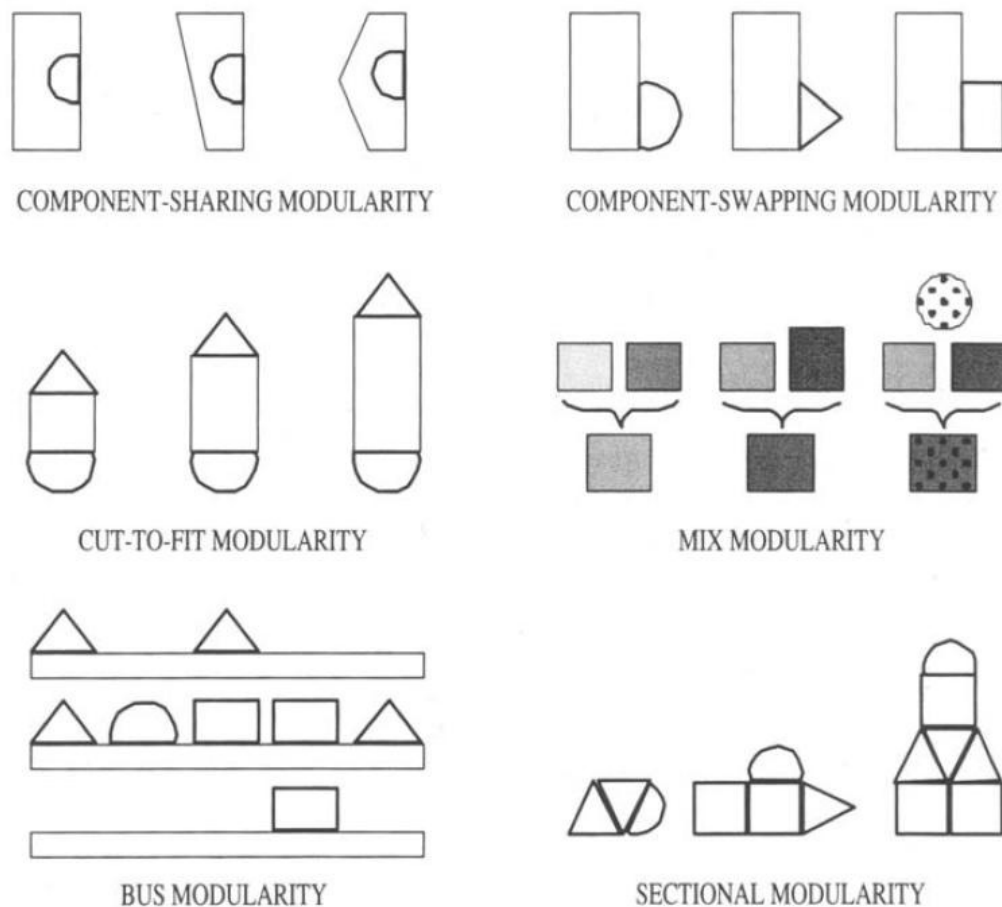
Ulrich ja Eppinger jakavat tuotearkkitehtuurit kolmeen eri tyyppiin: paikka- (slot), väylä- (bus) ja lohkomodulaarisuuteen (sectional). Kaikissa kolmessa tyypissä yhtä toimintoa vastaa yksi moduuli, ja kaikki rajapinnat ovat hyvin määriteltyjä. Tyyppien väliset erot tulevat siitä, kuinka moduulien väliset rajapinnat on järjestetty. Kuvassa 23 on esitetty nämä kolme eri modulaarista tuotearkkitehtuurityyppiä.



**Kuva 23. Modulaaristen tuotearkkitehtuurien kolme eri tyyppiä Ulrichin ja Eppingerin mukaan. (Ulrich & Eppinger 2008, s.166)**

Paikkamodulaarisessa tuotearkkitehtuurissa (Slot-Modular Architecture) kaikki moduulien väliset rajapinnat ovat erilaisia, jolloin tietty moduuli sopii vain tiettyyn paikkaan, ja ne eivät ole vaihtokelpoisia keskenään. Väylämodulaarisessa tuotearkkitehtuurissa (Bus-Modular Architecture) on yhteinen väylä, johon eri moduulit liittyvät samanlaisilla rajapinnoilla. Lohkomodulaarisessa tuotearkkitehtuurissa (Sectional-Modular Architecture) puolestaan ei ole yhteistä elementtiä, mihin eri moduulit kiinnittyvät, mutta ne kiinnittyvät toisiinsa identtisillä rajapinnoilla. (Ulrich & Eppinger 2008, s.166-167)

Edellä esitetyt kolme modulaarisuustyyppiä voidaan myös laajentaa useampaan luokkaan sen perusteella, kuinka muunneltavuus luodaan. Tuotteen muunneltavuus voidaan luoda tuotantoprosessin eri vaiheissa, kuten suunnittelussa, valmistuksessa, kokoonpanossa tai jopa valmistuksen jälkeen. (Stake 2001, s.175) Kuvassa 24 on esitetty modulaarisuuden tyypit Joseph Pinen mukaan.



Kuva 24. Modulaarisuuden eri tyypit Pinen mukaan. (Lehtonen 2007, s.48)

Kuvassa 24 on esitetty seuraavat vaihtokelpoisuuden tyypit:

1. *Saman elementin käyttö eri kombinaatioissa* (Component-sharing modularity). Mahdollistaa saman peruskomponentin käytön tehokkaammin koko tuoteperheessä.
2. *Elementin vaihtokelpoisuus muutoin samassa kombinaatiossa* (Component-swapping modularity). Perustuotteen tiettyyn kohtaan voidaan yhdistää eri elementtejä luoden näin uusia tuotevariaatioita.
3. *Parametrinen muuntelu elementeissä* (Cut-to-fit modularity tai fabricate-to-fit modularity). Yksi tai useampi komponentti muuttuu parametrisesti muiden pysyessä standardikomponentteina.
4. *Väylä- tai kehystyyppinen rakenne vakiorajapinnoilla* (Bus modularity). Tietyntyypiset komponentit voidaan sijoittaa mihin tahansa kohtaan tuotteen rajapintaa ja koota niistä haluttu yhdistelmä.
5. *Vakiorajapintojen mahdollistama vapaa kokoonpano* (Sectional modularity). Tuotteen rajapinnoille voidaan koota halutunlainen yhdistelmä, koska komponenttien rajapinnat ovat samanlaisia, ja niitä voi olla useita yhdessä komponentissa.

Lisäksi mainitaan sekoitettava modulaarisuus (Mix modularity), missä tuote muodostuu sekoitettavista ainesosista. Esimerkiksi maalit sekoitetaan eri komponenteista. Lehtonen kuitenkin hylkää tämän modulaarisuuden muodon, koska ratkaisutason (kertoo minkä kokoisia elementtejä käsitellään moduuleina) määrittäminen on ei-kiinteässä tilassa olevien aineosien kohdalla mahdotonta tai epäkäytännöllistä. (Lehtonen 2007, s.48)

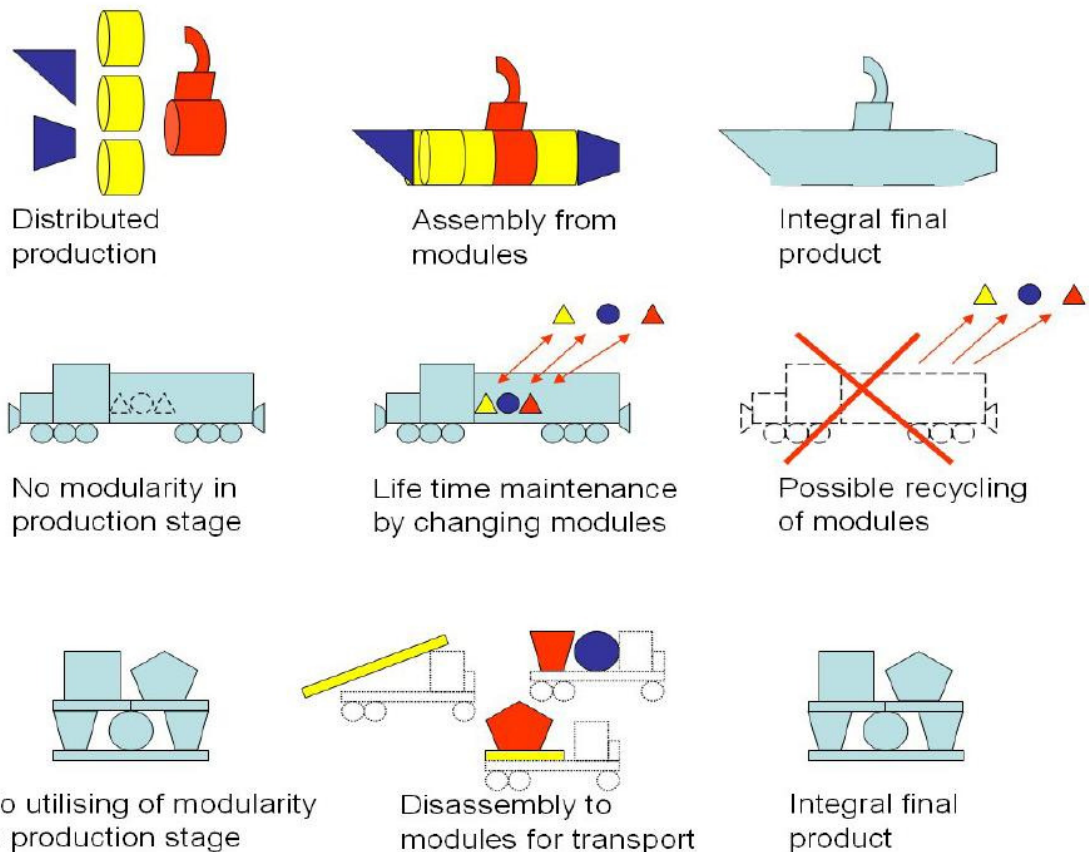
Edellä mainittujen viiden vaihtokelpoisuustyyppin lisäksi on esitetty erikoistapauksia kahdesta tyypistä. Pino-modulaarisuus (Stack modularity), joka on parametrisen muuntelun alatyyppejä, ja valinta-modulaarisuus (On-off modularity), joka taas on erikoistapaus komponentin vaihto-ominaisuudesta. (Lehtonen 2007, s.48) Nämä on esitetty kuvassa 25.



**Kuva 25. Modulaarisuuden ehdotetut lisätyypit. (Lehtonen 2007, s.49)**

Pino-modulaarisuudessa parametrinen muuntelu toteutetaan moninkertaistamalla moduulin lukumäärää, esimerkiksi etäisyyden säätö välilevyjä hyödyntämällä. Valinta-modulaarisuudessa moduuli joko valitaan, tai sen paikka jää tyhjäksi. (Lehtonen 2007, s.48)

Edellä kuvatut esimerkit kuvaavat M-modulaarisuutta, eli muunteluun tähtäävää modulaarisuutta. Tämän lisäksi on kuitenkin tunnistettavissa toinenkin modulaarisuuden määritelmä, eli tuotteen elinkaareen liittyvä modulaarisuus (Life-cycle-based modularity). Elinkaarimodulaarisessa tuotteessa tuotteen rakenteessa ei ole muuntelua, vaan tilanne on täysin staattinen, minkä vuoksi ei tarvita moduulijärjestelmää. Moduloinnin kannalta elinkaaritapauksessa pelkkä rajapintojen määrittäminen ja hallitseminen on täysin riittävää. Elinkaarimodulaarisuus on jaettu kolmeen kategoriaan, jotka on esitetty kuvassa 26. (Lehtonen 2007, s.89-91)

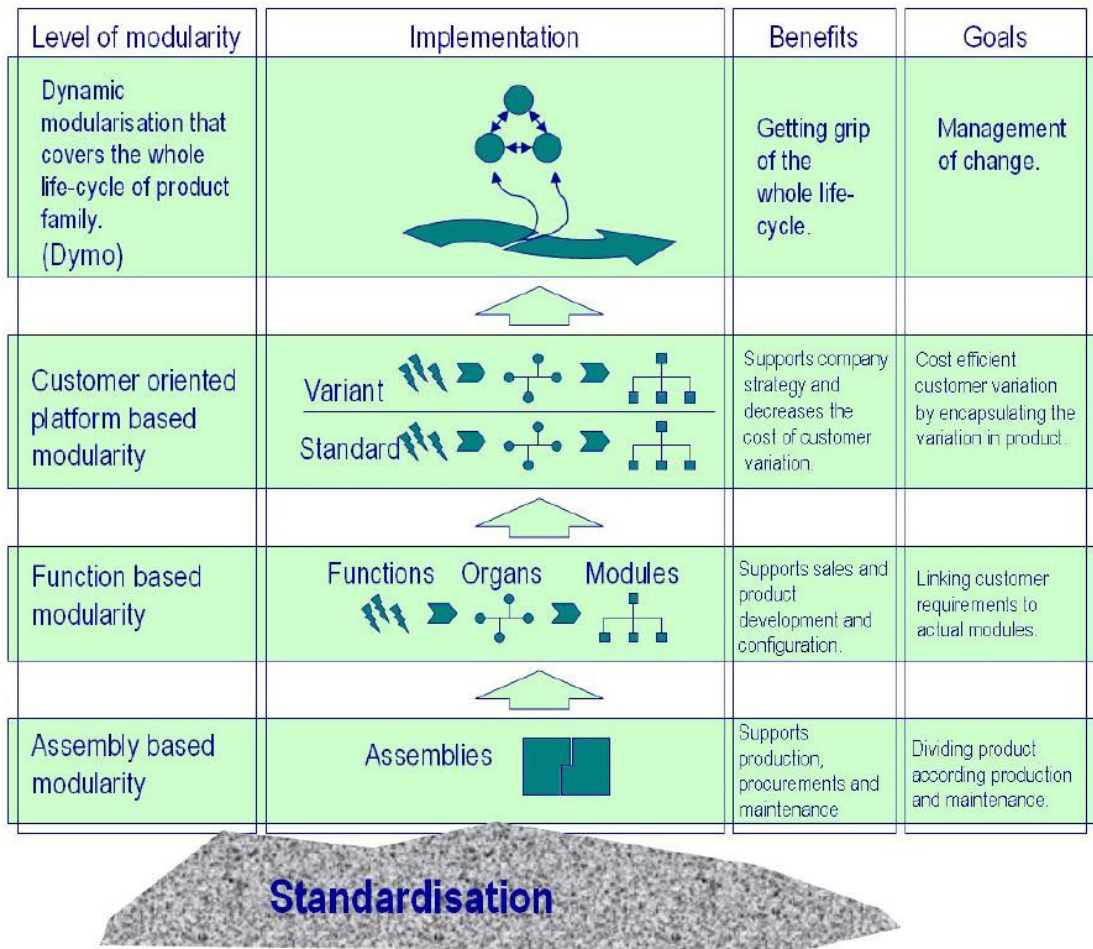


Kuva 26. Elinkaaripohjaisen modulaarisuuden tyypit. (Lehtonen 2007, s.90)

Kuvassa 26 on moduulit merkitty kirkkailla väreillä niissä elinkaaren vaiheissa, joissa modulaarista rakennetta hyödynnetään. Kuvassa esitetyt elinkaarimodulaarisuuden tyypit ovat (Lehtonen 2007, s.89-90):

- *Valmistussyihin perustuva modulaarisuus* (ylin rivi). Siinä tuote on jaettu kokoonpanomoduuleihin tuotannon hajauttamiseksi. Modulaarisuutta ei hyödynnetä kokoonpanon jälkeen.
- *Ylläpitösyihin perustuva modulaarisuus* (keskimmäinen rivi). Siinä tuote on jaettu ylläpitoa tai kierrätystä vaativilta osiltaan moduuleiksi, jotka on helppo vaihtaa uusiin tai käyttää uudestaan, kun muu tuote poistuu käytöstä.
- *Logistiikkasyihin perustuva modulaarisuus* (alin rivi). Siinä tuote voidaan kasata kokonaisuudeksi tuotantohallissa, ja sen jälkeen purkaa moduuleiksi loppukokoonpanopaikalle kuljetusta varten, missä se taas kootaan nopeasti ja vähällä työvoimalla.

Lehtonen esittää, että modulaaristen tuoterakenteiden kehityksessä on nähtävissä selkeä kehityskaari, jonka perustana toimii vakiointi. Vakiointi muodostaa teollisessa toiminnassa edellytyksen modulaarisuuden käyttöönotolle. Teoria modulaaristen rakenteiden evoluutiosta tarkastelee modulaarisuuden keinoja ja tavoitteita samalla asettaen ne aikajärjestykseen. Teoriasta nähdään myös kompleksisuuden lisääntyminen ajan kuluessa. (Lehtonen 2007, s.92) Kuvassa 27 on esitetty edellä mainittu teoria.



**Kuva 27. Modulaarisuuden evoluutio. (Lehtonen 2007, s.92)**

Kuvassa 27 on vakioinnin (Standardisation) jälkeen ensimmäisenä tasona esitetty kokoonpanoperustainen modulaarisuus (Assembly based modularity). Siinä moduulit ovat selkeitä fyysisiä kokoonpanoja, ja ne on jaettu usein huollon tai tuotannon näkökulmasta. Tällainen moduulijako on usein luonteva ja helppo toteuttaa, siksi se on pisin ja laajimmin käytetty modulaarisuuden muoto. Seuraavana tasona on esitetty toimintoperustainen modulaarisuus (Function based modularity). Asiakasvarioituvassa tuotteessa muuntelu kohdistuu toimintoihin, joita asiakas haluaa tuotteen toteuttavan. Tällöin onkin luonnollista tehdä tuotteen jako toimintojen toteuttajien eli toiminnallisten kokonaisuuksien mukaan. Tämä modulaarisuuden taso tukee suunnittelua, tuotteen ja tuoteperheen elinkaarenaikaista muuntelua, sekä hyvin vahvasti konfiguroitavien tuotteiden toimittamista. Samalla se kuitenkin asettaa lisää vaatimuksia tuotetiedonhallinnalle. Kolmantena tasona on esitetty tuoteplatformi- eli tuotealustaperustainen modulaarisuus (Customer oriented platform based modularity). Tuotealustakonsepti perustuu toimintoperustaiseen muunteluun. Erona toimintoperustaiseen modulaarisuuteen on se, että tuote jaetaan varioituihin osioihin ja vakio-osioon, joka pysyy muuttumattomana. Tämä vakio-osa yhdessä varioituvan osan tuotearkkitehtuurin kanssa muodostavat tuotealustan eli platformin. Tuotealustakonseptilla pyritään saavuttamaan kustannustehokas asiakasvariointi rajaamalla

muuntelua. Ylimpänä tasona on Riitahuhdan ja Andreassenin esittämä dynaaminen modulaarisuus (Dymo). Dynaamisessa modulaarisuudessa tuodaan mukaan tuotteen elinkaari ja sen aiheuttamat muutokset. Tässä keskeisenä ideana on jakaa tuotekehitys kahdelle tasolle. Ylemmässä kehitystasossa on asiakasvaatimusten kerääminen ja hallinta, tuotearkkitehtuurien hallinta ja kehittäminen sekä asiakasvaatimukset täyttävien moduulien luominen. Tämä on strategista työtä, koska täytyy kehittää tuotearkkitehtuuri, joka täyttää myös tulevaisuuden asiakasvaatimukset. Alemmalla tasolla tapahtuu varsinainen tuotteen luominen, eli integroidaan ylemmän tason kehityksen tuloksena syntyneistä moduuleista haluttu asiakasvaatimukset täyttävä tuote. Dymo-toimintatavalla pyritään tuotteen kehitysjen lyhentämiseen ja tuotekehityksen tuottavuuden nostamiseen. (Lehtonen 2007, s.92-94)

### 3.2.2. Moduloinnin tavoitteet

Russel Marshall listaa väitöskirjassaan kattavasti moduloinnin etuja ja haittoja. Hän on jakanut ne tuotteen suunnittelun, valmistuksen ja liikkeenjohdon näkökulmiin. Ne löytyvät liitteestä 1. Samoja etuja ja haittoja on myös löydettävissä lähteestä Pahl & Beitz 1986/90. On tärkeää muistaa, että modulaarinen rakenne ei yksinään tuo kaikkia mahdollisia etuja, vaan täytyy olla myös sopivat rakenteet, tilat, työkalut ja taidot, jotta modulaarisuutta voidaan hyödyntää täysipainoisesti. (Marshall 1998, s.80)

Tuotekehityksessä modulaarisuus rohkaisee osien standardointiin yksinkertaistaen ja nopeuttaen suunnitteluprosessia komponenttien suunnittelun vähenemisellä. Moduulitasolla standardimoduulien käyttö sallii yhtenäistämisen koko tuoteperheessä tai peräkkäisissä tuotesukupolvissa. Systeemin jakaminen moduuleihin luo myös mahdollisuudet rinnakkais suunnitteluun. Tietyt asiakasvaatimukset voidaan kehittää optiomoduuleiksi, joita yhdistelemällä saavutetaan asiakasrätälöityjä tuotteita. Tällöin voidaan pienestä määrästä moduuleja saada aikaan kattava lopputuotevalikoima. Tällainen varioituvuus sallii myös tuotteelle pidemmän eliniän helpomman ja nopeamman päivityksen ansiosta. Moduulit, jotka sisältävät vanhentunutta tekniikkaa voidaan helposti uusia tai päivittää, ja tuotteelle voidaan kehittää uusia toiminnallisuksia, ilman että koko tuotetta täytyy suunnitella uudestaan. (Marshall 1998, s.80-81)

Valmistuksen kannalta modulaarisuus tarjoaa systeemin, joka voi tukea JIT-menetelmää (Just In Time), ja olla kevyempi myöhäisen variaation, vähennyksen osamäärän, moduulien rinnakkaisvalmistuksen sekä valmiiden ja testattujen moduulien oston kautta. Talon sisäistä testausta voidaan suorittaa mieluummin moduuleille kuin lopputuotteelle, jolloin laatuominaisuudet huomataan aikaisemmin ja loppukokoonpano helpottuu. Standardimoduulien käyttö sallii massatuotannon edut tuotteille, joiden variaatiot edustavat asiakasrätälöityjä yksittäistuotteita. Tällöin tuotteet on valmistettu nopeammin ja halvemmalla, ja niiden laatu ja luotettavuus on parempi. Modulaarinen tuote on kokoonpanon kannalta helpompi, koska siinä on vähemmän nimikkeitä, osien

varioituvuutta ja moduulit ovat robusteja ja siten helposti käsiteltäviä. Loppukokoonpano on yksinkertaisempaa ja nopeampaa luoden näin mahdollisuuden automaatiolle, mikä puolestaan luo muita etuja. (Marshall 1998, s.81)

Huoltoa helpottaa yksinkertaisempi vianmääritys ja moduulien helpompi luoksepäästävyys sekä purkaminen. Kulutusosat (esim. muste, paperi, polttoaine, voiteluaine...) tai huoltomoduulit sallivat helpon täytön tai tuotteen uudistamisen. Modulaarisuus myös sallii kulutusosien tai kierrätettävien materiaalien ryhmittämisen purkamisen tai uusimisen helpottamiseksi. Komponentit, joita voidaan käyttää uudelleen tai kunnostaa, voidaan myös helposti irrottaa ja hyödyntää uudessa tuotteessa. (Marshall 1998, s.81-82)

Modulaarisuudesta löytyy myös monia huonoja puolia. Muun muassa rajapintojen määrä ja monimutkaisuus kasvavat, nimikkeiden määrä voi kasvaa rinnakkaistamisvaatimusten ja liityntöjen määrän kasvaessa, kokoonpano-operaatioiden määrä voi kasvaa. Lisäksi suuri osa kustannuksista kertyy jo ennen ensimmäistään tilausta, muutosten hallinta modulaarisessa rakenteessa voi olla hankalaa ja myös paino ja koko voivat kasvaa rajapintojen ja rinnakkaistamisen takia. (Marshall 1998, s.82) Modulaarisuus voi myös johtaa sekä ylimääräisiin kuluihin "ylisuunnittelun" takia että riittämättömään tehokkuuteen. Liika standardimoduulien käyttö voi myös johtaa tuotteiden liialliseen samankaltaistumiseen. Toimittajan kulut voivat myös kasvaa, jos valmistaja ottaa käyttöön jonkun modulointimenetelmän alentaakseen omia kulujaan. Ympäristön kannalta ajateltuna yksi ainoa osa voi tehdä koko moduulista kierrätyskelvottoman. (Hölttä-Otto 2005, s.29)

Suurinta osaa modulaarisuuden haitoista voidaan pienentää tai jopa poistaa ottamalla huomioon ympäristön raamit ja tuki. Esimerkiksi modulaarisuuden aiheuttama mahdollinen osien nimikkeiden määrän kasvu voidaan kompensoida DfA-tekniikoilla. Myös painon ja koon kasvua voidaan rajoittaa nimikkeiden kokonaismäärän pienentymisellä ja asiakasvaatimusten paremmalla huomioimisella. Kustannusten painottuminen tuotekehityksen alkuun voi lannistaa, mutta pitkän tähtäimen edut kumoavat sen helposti. (Marshall 1998, s.82)

Moduloinnin käyttöönotto ei ole joko/tai päätös. Se tuo etuja lähes kaikkiin sovelluskohteisiin, jos modulaarisuuden taso on oikea tuotteeseen nähden. (Marshall 1998, s.82)

### 3.2.3. Moduulijaon periaatteet

Kirjallisuudessa moduulia käsitellään monesta eri näkökulmasta, sillä sen määrittäminen on usein tapauskohtaista. Tämän työn puitteissa moduulina pidetään tuotteen osaa tai kokoonpanoa, jos sillä on määritelty rajapinta, ja jos se on jäsen muiden osien tai alikokoonpanojen muodostamassa kokonaisuudessa eli moduulijärjestelmässä. (Lehtonen 2007, s.88) Alikokoonpano ei kuitenkaan aina ole moduuli, vaan se voi olla kokoonpanosuunnittelun tulos, jolla on pyritty ratkaisemaan monimutkaisen tuoterakenteen loppukokoonpanossa aiheuttamat ongelmat. (Österholm & Tuokko 2001, s.9) Muun muassa Ulrich ja Tung kuvaavat moduulia myös itsenäiseksi toiminnalliseksi yksilöksi, jonka vaikutus toisiin moduuleihin on minimoitu. (Ulrich & Tung 2001, s.73) Lehtonen esittää väitöskirjassaan myös, että moduulin muodostumisen ei tarvitse välttämättä perustua toiminnallisuuteen, vaan se voi myös olla elinkaariperustainen. (Lehtonen 2007, s.89)

Taulukossa 1 on listattuna niin sanotut yleiset modulointia ohjaavat tekijät eli moduulidriverit. Ne on jaoteltu tuotteen elinkaaren vaiheiden mukaan. Ne eivät kuitenkaan ole ainoita moduulijaon perusteita, vaan voi olla esimerkiksi yrityksen strategiasta, viranomaismääräyksistä tai taloudellisista syistä tulevia perusteita. Carry-over -konseptissa moduulia pidetään muuttumattomana koko tuoteperheen eliniän ajan ja mahdollisesti myös seuraavankin tuoteperheen eliniän ajan. Tälle vastakohtana ovat technical evolution ja planned design changes driverit, jotka ilmaisevat muutosta moduulissa tuoteperheen eliniän aikana. Erona näillä on se, että viimeksi mainittu kuvaa yrityksen sisäisiä suunniteltuja muutoksia, kun taas toinen kuvaa ulkopuolelta tulevia muutoksia, joita voi olla vaikea ennustaa. Näitä kolmea driveria yhdistää tulevaisuuden suunnittelu. Muita yhteisiä näkökulmia sisältäviä modulointia ohjaavia tekijöitä ovat common unit, technical specification ja styling. Niiden avulla moduulit jaetaan standardimoduuleihin, jotka ovat yhteisiä koko tuoteperheelle, ja moduuleihin, joilla luodaan tuoteperheelle tarvittava varioituvuus, eli joita käytetään tuotevarianttien luomiseen. Muut taulukossa 1 esitetyt modulointia ohjaavat tekijät liittyvät moduulien niin sanotun toiminnallisen puhtauden saavuttamiseen tuotteen elinkaarta ja eri intressiryhmiä koskevissa asioissa. Moduulien toiminnallisella puhtaudella tarkoitetaan sitä, että yhtä toimintoa vastaa yksi moduuli, eikä toimintoa näin ollen ole jaettu useamman moduulin kesken. Tällöin moduulien väliset vuorovaikutukset on minimoitu. Esimerkiksi separate testing driveri vaatii, että kyseinen moduuli voi toteuttaa toimintonsa yksittäisenä moduulina eikä vain osana lopullista kokoonpanoa. Tämä siksi, että sen toiminta voidaan testata ennen lopullista kokoonpanoa. (Österholm & Tuokko 2001, s.13-16)



Taulukko 1. Yleiset modulointia ohjaavat tekijät. (Österholm &amp; Tuokko 2001, s.14)

<p><b>Suunnittelu ja tuotekehitys</b></p> <p><i>Carry-over</i> – Tuoteominaisuuksien siirto seuraavaan tuotesukupolveen Yksikkö, jota voidaan käyttää uudelleen tulevissa tuotesukupolvissa tai jota voidaan käyttää myös muissa tuoteperheissä.</p> <p><i>Technical evolution / Technology push (External)</i> – Tekninen kehitys (yrityksen ulkoinen) Yksikkö, jonka teknologiaan on odotettavissa muutoksia tuoteperheen elinkaaren aikana. Tämä voi olla seurausta asiakasvaatimusten perinpohjaisista muutoksista, itse tekniikan kehittymisestä tai esimerkiksi uusien materiaalien tai komponenttien markkinoille tulosta.</p> <p><i>Planned design changes / Product planning (Internal)</i> – Tuotteeseen suunnitellut muutokset (yrityksen sisäiset) Yksikkö, johon on suunniteltu tehtäväksi jotain muutoksia yrityksen sisäisen suunnitelman mukaisesti.</p>
<p><b>Varioituvuus</b></p> <p><i>Technical specification</i> – Tekninen variointi Yksikkö, jonka toiminnot tai suorituskyky varioivat tuoteperheen tuotteiden välillä.</p> <p><i>Styling</i> – Ulkonäöllinen variointi Yksikkö, jonka väri ja/tai muoto varioivat tuoteperheen tuotteiden välillä.</p>
<p><b>Valmistus</b></p> <p><i>Common unit</i> – Yhteinen yksikkö Yksikkö, jota käytetään läpi koko tuoteperheen eli kaikissa tuoteperheen tuotteissa.</p> <p><i>Process/organisation</i> – Tuotantoprosessi/organisaatio Yksikkö, jonka valmistuksessa tarvitaan erityisiä valmistusmenetelmiä tai joka on sopiva työkokonaisuus ryhmälle. Se voi myös muodostaa sopivan kokonaisuuden kokoonpantuna esim. kuljetusta tai käsittelyä ajatellen tai sen läpimenoaika voi olla poikkeava muista tuotannon läpimenoajoista.</p>
<p><b>Laatu</b></p> <p><i>Separate testing</i> – Erillinen testaus Yksikkö, jonka toiminta voidaan tai pitäisi testata erillisenä ennen loppukokoonpanoa.</p>
<p><b>Alihankinta</b></p> <p><i>Supplier available</i> – Soveltuva toimittaja saatavilla Yksikkö, joka voidaan tilata alihankkijoilta. Sille on olemassa erikoistunut toimittaja, joka voi toimittaa sen ”mustana laatikkona” yksittäisten osien sijasta. Toimittaja voi myös ainakin osittain vastata yksikön tuotekehityksestä.</p>
<p><b>Myynnin jälkeinen palvelu (After sales)</b></p> <p><i>Service/maintenance</i> – Huolto/kunnossapito Yksikkö, jonka pitää olla helposti huollettavissa tuotteen eliniän aikana, koska se sisältää suurimman osan tarvittavasta huollosta tai koska se voidaan vioittuessaan nopeasti vaihtaa uuteen ja huoltotoimenpiteet voidaan tehdä muualla.</p> <p><i>Upgrading</i> – Parannus/päivitys Yksikkö, joka voidaan korvata toisella erilaisten toimintojen tai paremman suorituskyvyn aikaansaamiseksi.</p> <p><i>Recycling</i> – Kierrätys Yksikkö, johon pitää kiinnittää erityistä huomiota tuotetta hävitettäessä, koska se sisältää ongelmajätettä tai muuta erittäin haitallista ainetta tai koska sen sisältämät aineet on erityisen helppo kierrättää.</p>

Russell Marshall listaa myös omassa väitöskirjassaan asioita, joiden perusteella osia, komponentteja ja alikokoonpanoja voidaan jakaa moduuleiksi. Osa seuraavaksi esitettävistä moduulidrivereista löytyy myös taulukosta 1, mutta tässä ne on esitetty hieman eri näkökulmasta. Marshallin esittämät modulointia ohjaavat tekijät ovat (Marshall 1998, s.96):

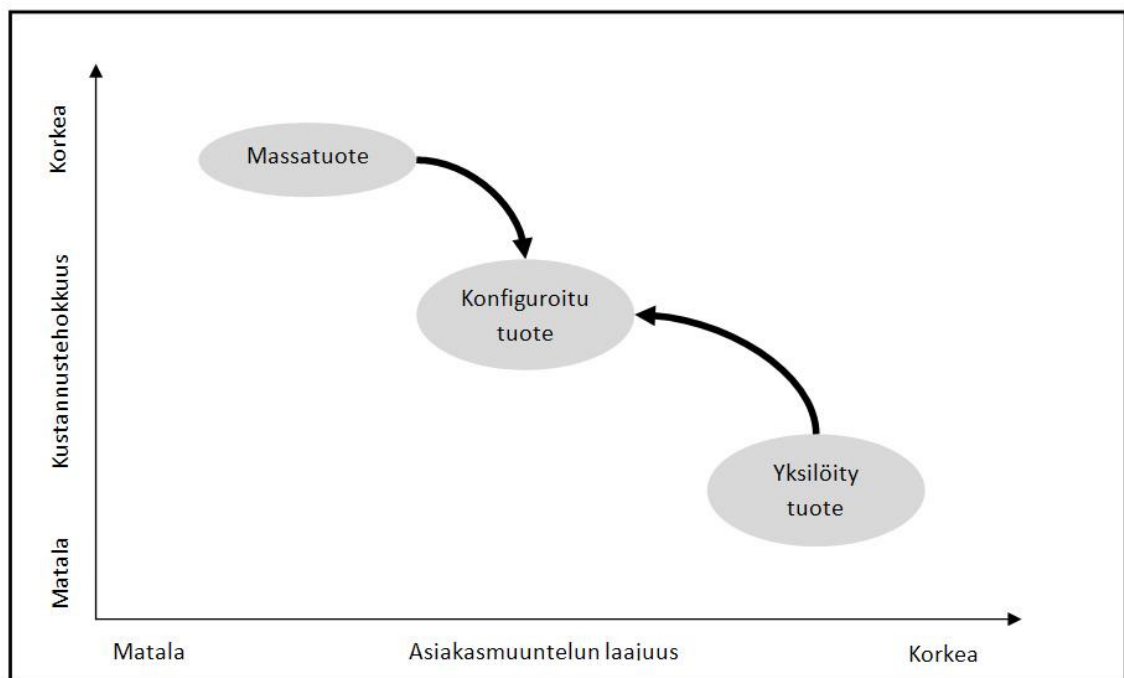
- *Vuorovaikutukset:* Ne elementit, joiden välillä on kriittisiä vuorovaikutuksia kannattaa yhdistää moduuliksi, kuten myös mekaanista liikettä sisältävien vuorovaikutusten yhdistämät elementit, sillä mekaaninen liike ei välttämättä toimi hyvin pitkillä etäisyyksillä.
- *Paikoitus:* Ne elementit, joiden välillä on tarvetta tarkalle paikoitukselle, tulisi yhdistää samaan moduuliin, koska silloin paikoituksen hallinta voidaan tehdä yhdessä paikassa tai yhdellä komponentilla.
- *Alihankkijoiden osaaminen:* Yrityksen alihankkijalla on yleensä enemmän tietoa ja taitoa tietyllä osa-alueella, jolloin sitä osa-aluetta koskevat elementit kannattaa yhdistää moduuliksi, joka sitten ostetaan valmiina ja testattuna kyseiseltä alihankkijalta.
- *Luonnolliset moduulit:* Elementtien ryhmät, jotka luonnostaan täydentävät toisiaan ja joiden eriyttämisellä voidaan saavuttaa vain minimaalisia etuja kannattaa yhdistää moduuliksi. Tällaisia ovat esimerkiksi voimantuottoyksiköt.
- *Muutoksien kohdentaminen:* Jos johonkin elementtiin odotetaan tapahtuvan muutos tuotteen eliniän aikana esimerkiksi, kulumisen, käytön tai vanhentumisen seurauksena, tulisi näillä elementeillä olla omat moduulinsa. Tällöin niitä voidaan muuttaa, korvata tai huoltaa ilman vaikutuksia koko tuotteeseen.
- *Konfiguroituvuus:* Elementit tulisi jakaa moduuleiksi, joita voidaan yhdistellä eri tavoilla tarvittavan varioituvuuden saavuttamiseksi.
- *Standardisointi:* Elementtejä, joita käytetään useassa tuotteessa, tulisi yhdistää standardimoduuleiksi. Tällöin niistä voidaan muodostaa esimerkiksi tuoteplatformi.
- *Valmistus:* Elementtejä, jotka valmistetaan samalla tavalla tai samoista materiaaleista, kannattaa yhdistää moduuleiksi. Tämä antaa etuja valmistuksen ohella myös kierrätettävyydessä.
- *FMEA analyysit:* Jos on käytettävissä FMEA analyysien tietoja, voidaan niiden perusteella yhdistellä elementtejä moduuleiksi vikojen ja niiden seurauksien minimoimiseksi.

### 3.3. Konfigurointi

Konfiguroinnin tavoitteena on tuottaa liiketaloudellisesti kannattavalla tavalla asiakaskohtaiset vaatimukset täyttäviä tuotteita. Konfiguroinnilla voidaan hallita vaihtelevia asiakasvaatimuksia menemättä varsinaiseen asiakaskohtaiseen suunnitteluun. Konfigurointi mahdollistaa seuraavat asiat:

- Asiakastarpeiden tyydyttäminen ja hallinta.
- Toimitusaikojen nopeus.
- Kustannusten hallinta.
- Tasaisen laadun saavuttaminen.
- Tuotteiston hallinta.
- Yrityksen brändin/imagon rakentaminen.

Edellä mainittujen asioiden tärkeys vaihtelee tapauskohtaisesti. (Lehtonen 2007, s.72) Kuten kuvasta 28 nähdään, voidaan konfiguroitavien tuotteiden valmistukseen siirtyä joko massatuotevalmistuksesta tai yksilöllisten asiakasräätälöityjen tuotteiden valmistuksesta.



Kuva 28. Konfigurointiin siirtyminen. (Mukailtu lähteestä Lehtonen & al. 2003)

Projektituotteista siirrytään konfiguroitaviin tuotteisiin lähinnä taloudellisen tehokkuuden parantamiseksi. Muita etuja ovat muun muassa läpimenoajan lyheneminen, tuotepolitiikan selkiytyminen, laadun paraneminen ja suunnittelutiedon uudelleenkäytön mahdollistuminen. Massatuotteita valmistavat yritykset siirtyvät konfigurointiin tyydyttääkseen paremmin asiakkaiden tarpeet. Siirtyminen mahdollistaa myös kilpailun ominaisuuksilla hinnan sijaan. Monet vaikutukset ovat kuitenkin

päinvastaisia siirryttäessä vakiotuotteista konfigurointiin kuin yksilöidyistä tuotteista siirryttäessä. Muun muassa tilaus-toimitusprosessin läpimenoaika kasvaa, kustannukset nousevat ja laadun ja tuotteen hallittavuus saattavat kärsiä. (Lehtonen 2007, s.73-80)

### 3.3.1. Konfiguroitava tuote

Yleisesti ottaen konfiguroituvilla eli asiakaskohtaisesti muunneltavilla tuotteilla voidaan katsoa olevan seuraavat ominaisuudet (Tiihonen & Soininen 1997, s.3-4):

- Kukin tuoteyksilö muunnellaan tilauskohtaisesti asiakkaan vaatimusten mukaisesti.
- Tuote on etukäteen suunniteltu täyttämään määritelty joukko samankaltaisia asiakastarpeita.
- Tuoteyksilö on yhdistelmä etukäteen suunnitelluista komponenteista tai moduuleista, jolloin tilaus-toimitusprosessin aikana ei ole tarvetta suunnitella uusia komponentteja.
- Tuoteyksilöt perustuvat etukäteen suunniteltuun rakenteeseen.
- Tilaus-toimitusprosessissa tarvitaan vain rutiininomaista ja systemaattista muunnelmasuunnittelua.

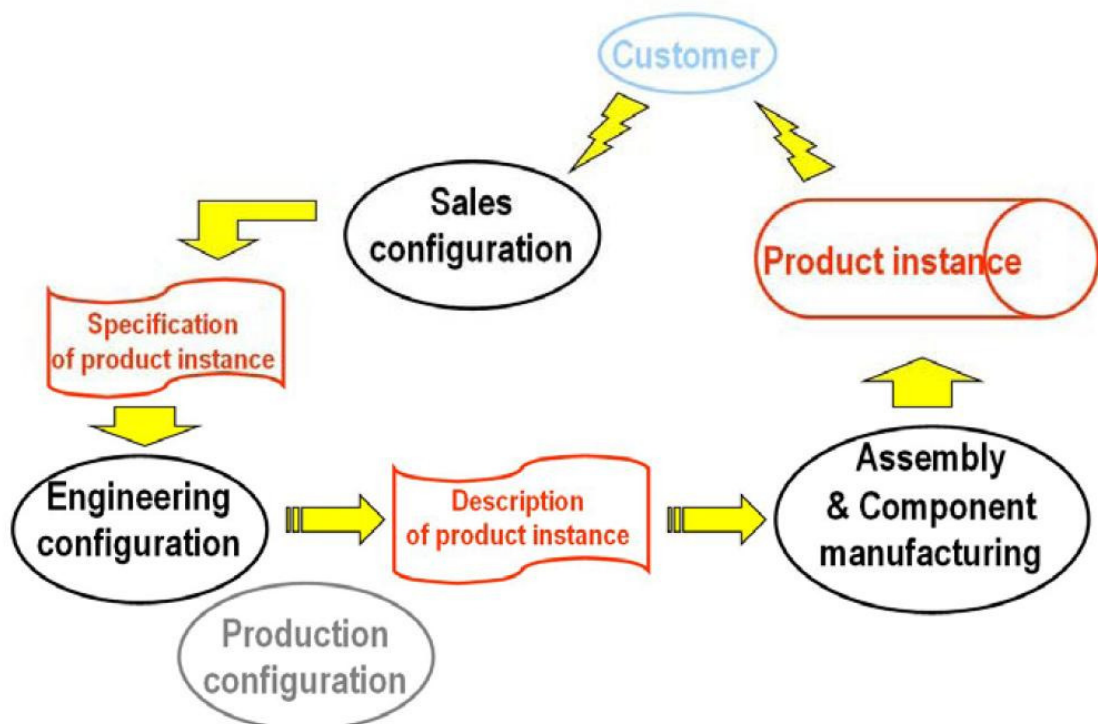
Listan ensimmäinen ominaisuus erottaa konfiguroitavat tuotteet massatuotteista, joita ei räätälöidä asiakaskohtaisesti. Toisen ominaisuuden mukaan täytettävät asiakastarpeet on etukäteen selkeästi rajattu, eli tuotteen ei ole tarkoitus tyydyttää kaikkia mahdollisia asiakastarpeita. Kolme viimeistä kohtaa erottavat konfiguroitavat tuotteet yksilöidyistä tuotteista, jotka käytännössä suunnitellaan alusta asti tiettyä asiakastarvetta vastaavaksi. (Tiihonen & Soininen 1997, s.4)

Komponentit, joista konfiguroitavat tuotteet koostuvat, voidaan jakaa neljään eri tyyppiin, jos mukaan ei lasketa asiakaskohtaisesti suunniteltuja komponentteja. Nämä neljä tyyppiä ovat: vakiokomponentit, muunneltavat vakiokomponentit, parametriset komponentit ja muunneltavat parametriset komponentit. Vakiokomponenttien ominaisuudet ovat kiinteitä, eikä niitä voida muunnella valmistuksen jälkeen, joten niitä voidaan tilata tai valmistaa varastoon yksittäisistä tilauksista riippumatta. Muunneltavia vakiokomponentteja voidaan muunnella valmistuksen jälkeen, mutta se ei kuitenkaan estä niiden tilaamista tai valmistamista varastoon. Parametrisilla komponenteilla on vähintään yksi ominaisuus eli muuttuja, esimerkiksi dimensio, väri tai teho, jota voidaan muuttaa etukäteen suunnitelluissa rajoissa, mutta ei valmistuksen jälkeen. Yleensä parametriset komponentit valmistetaan tai kootaan tilauskohtaisesti. Suosituimpia yhdistelmiä voidaan kuitenkin halutessa tilata tai valmistaa etukäteen varastoon. Muunneltavissa parametrisissa komponenteissa on vähintään yksi muuttuja ja sen lisäksi vähintään yksi valmistuksen jälkeen muunneltava ominaisuus. (Tiihonen 1999, s.83-84)

Konfiguroitavat tuotteet voidaan jakaa konfiguroitavuuden määrää kuvaavan ABC-jaon perusteella. A-tuote on täysin konfiguroitava ja systemaattisesti toimitettava tuote, jonka valmistuksessa ei vaadita suunnittelua ja se voidaan kasata ennalta suunnitelluista moduuleista. B-tuotteet sisältävät jonkin verran asiakaskohtaista suunnittelua, mutta se tehdään yleensä moduulitasolla muuttamalla hieman piirustuksia tai hankkimalla erikoiskomponentteja. Suunnittelumuutokset eivät juurikaan vaikuta tuotantoprosessiin. C-tuote on täysin yksilöllinen asiakasräätälöity projekti, jolla on merkittäviä vaikutuksia tuotteen suunnitteluun ja tuotantoprosessiin. (Lehtonen 2007, s.76)

### 3.3.2. Konfiguroinnin näkökulmat

Tilaus-toimitusprosessissa konfigurointiprosessi voidaan jakaa eri osaprosesseihin. Tällöin tuoteyksilön määrittäminen voi tarkentua jopa kolme kertaa. Eri osaprosesseja ovat myynnin, suunnittelun ja joskus tuotannon konfigurointi. (Lehtonen 2007, s.71) Monimutkaisten tuotteiden kohdalla kaksivaiheinen konfigurointiprosessi noudattaa organisaation luonnollista vastuunjakoa, jolloin voidaan käyttää kummallekin organisaatiolle tuttua terminologiaa ja konfigurointimalleja. Menetelmä tarjoaa myös selkeän rajapinnan tuotetiedon hallintaan (PDM) ja toiminnanohjausjärjestelmiin (ERP). Yksinkertaisilla tuotteilla riittänee yksivaiheinen konfigurointi. Erittäin monimutkainen tuote puolestaan johtaa useampitasoiseen konfigurointiin, jolloin myös tuotteen pääkomponentit ovat konfiguroitavia. (Peltonen & al. 2002, s.92) Kuvassa 29 on esitetty periaatekuva konfiguroitavien tuotteiden tilaus-toimitusprosessista.



Kuva 29. Tilaus-toimitusprosessi konfiguroitavia tuotteita toimitettaessa. (Lehtonen 2007, s.71)

Myyntin konfiguroinnissa tuotteen kokoonpano määritellään vastaamaan mahdollisimman hyvin asiakkaan vaatimuksia. Suunnittelun konfiguroinnissa myyntispesifikaatio muunnetaan tuotannon spesifikaatioksi, joka yleensä kertoo myyntikonfiguraation kuvaaman asiakaskohtaisen tuoteyksilön tuoterakenteen. Joskus vasta tuotanto määrää, mistä keskenään samanarvoisista vaihtoehtoisista osista lopullinen tuote kootaan. Tällöin toimituskohtainen tuotemääritys on valmis vasta tämän kolmannen konfiguroinnin jälkeen. (Lehtonen 2007, s.71-72)

Myyntin konfigurointi esiintyy kaikkien konfiguroitavien tuotteiden tilaus-toimitusprosessissa. (Tiihonen 1999, s.45) Myyntikonfiguroinnissa on lähtökohtana asiakas, joka ei yleensä ole kiinnostunut tuotteen komponenteista ja moduuleista, vaan ennen kaikkea tuotteen ominaisuuksista, hinnasta ja toimitusajasta. Myyntikonfiguroinnissa asiakas yhdessä myyjän kanssa, tai ilman myyjää, valitsee haluamansa ominaisuudet. Asiakas haluaa myös nähdä välittömästi, miten eri ominaisuuksien valinta vaikuttaa tuotteen hintaan, toimitusaikaan ja muiden valintojen vaihtoehtoihin. Viimeksi mainittu kohta viittaa siihen, että myyntikonfiguroinnin aikana valittavien ominaisuuksien välillä on usein riippuvuuksia. Ominaisuuspohjaisen myyntikonfiguroinnin tuloksena saadaan luettelo tuoteyksilöltä halutuista ominaisuuksista. Luettelon perusteella täytyy myös tietää, että valitut ominaisuudet sisältävä tuoteyksilö pystytään valmistamaan. Myyntikonfigurointi voi tapahtua varsinaisella konfiguraattorilla, tai esimerkiksi paperille painetun hinnaston avulla. (Peltonen & al. 2002, s.83-84)

Suunnittelun konfigurointi painottuu tuotteen erittelyn laadintaan ja mahdolliseen asiakaskohtaiseen suunnitteluun. Suunnittelun konfiguroinnissa voidaan käyttää, kuten myyntin konfiguroinnissa, erityistä ohjelmistopohjaista konfiguraattoria. (Tiihonen 1999, s.46) Suunnittelun konfiguroinnin tuloksena saatavan tuotannon konfiguraation perusteella tuote voidaan valmistaa. Tuotteen valmistamiseen lasketaan omien komponenttien valmistuksen lisäksi muun muassa ulkopuolelta ostettavien komponenttien tilaaminen, tuotteen kokoaminen itse valmistetuista ja ulkoa ostetuista komponenteista, tuotteen testaus, pakkaaminen, jne. Yleensä tuotannon konfiguroinnin tulos on samalla tuoterakenne, jossa kerrotaan tuoteyksilöön valittavat komponentit ja parametroiduista komponenteista myös parametrien arvot. Mikäli tuotantokonfigurointi ei ole osa toiminnanohjausjärjestelmää, on konfigurointi lopuksi siirrettävä valmistusta varten toiminnanohjausjärjestelmään. Tuotantokonfigurointi käsittelee yleensä samantapaisia tuoterakenteita kuin PDM-järjestelmä, jolloin sen olisikin hyvä olla osa PDM-järjestelmää. Tuotantokonfiguroinnissa tehtävät valinnat koskevat ylemmän tason komponentteja kuten moduuleja ja osakokoonpanoja, ei yksittäisiä osia kuten ruuveja. Sen vuoksi tuoteperherakenteen ja yksittäisen konfiguraation ei välttämättä tarvitse kuvata koko tuoterakennetta, vaan ainoastaan muuttuvat rakenteet, eli sen tason komponentit, joiden kohdalla tehdään valintoja. Tuotantokonfiguroinnin tuloksena saatavan konfiguraation alimmalla tasolla voi siten olla komponentteja, jotka koostuvat pienemmistä komponenteista, mutta joilla on sama kiinteä rakenne kaikissa

konfiguraatioissa. Muuttuvat ja kiinteät rakenteet voivat olla samassa järjestelmässä, jolloin konfiguroinnin tuottama konfiguraatio on täydellinen tuoterakenne, tai eri järjestelmissä, jolloin toiminnanohjausjärjestelmä muodostaa niistä tarvittavan täydellisen tuoterakenteen. (Peltonen & al. 2002, s.84-86)

### 3.3.3. Konfiguroinnin suoritus

Konfigurointitehtävä voidaan määritellä suoritettavien tehtävien näkökulmasta. Konfiguroinnin aputehtäviksi voidaan katsoa tarjouksen ja teknisen erittelyn laatiminen sekä hinnan ja toimitusajan määrittäminen. Konfiguroinnin varsinaisiksi osatehtäviksi katsotaan kuitenkin seuraavat (Tiihonen 1999, s.98):

1. Tuotteen valinta.
2. Komponenttien valinta.
3. Parametrien arvojen määrittäminen.
4. Ei-geometrinen sijoittelu ja layout suunnittelu.
5. Komponenttien välisten kytkentöjen suunnittelu.
6. Täydellisyys- ja ristiriidattomuustarkastukset.

Lehtosen mukaan vapaata layout-suunnittelua ei tulisi laskea konfiguroinnin osatehtäväksi, koska se ei ole rutiininomainen suunnittelutehtävä, eikä siis sopiva konfigurointiprosessiin. Ratkaisuksi hän esittää valmiiden layouttien piirtämistä, ja näin tehtävän muuttamista valintatehtäväksi. (Lehtonen 2007, s.71)

Konfigurointi edellyttää kehittyneiden tietomallien käyttöä. Esimerkiksi tuoteplatformien ja/tai tuotevarianttien kuvaukseksi ei riitä pelkkä osaluettelon ja kokoonpanokuvan yhdistelmä. Kun pyritään kuvaamaan osavariantteja, käytetään usein geneeristä tuoterakennetta. Geneerisellä rakenteella tarkoitetaan koko tuoteperheen kattavaa yleistä osarakennetta - generic bill of materials (GBOM). Se on luultavasti yksinkertaisin tuoteperheen tietomalleista, joita kutsutaan myös konfigurointimalleiksi. Viime aikoina ovat konfigurointitiedon/-tietämyksen kuvaamisessa ja hallitsemisessa saavuttaneet suosiota graafiset kuvauskielet ja matriisimenetelmät, koska ne ovat havainnollisia ja helppokäyttöisiä. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.170)

Erensin mukaan GBOM-konseptille on ominaista kaksi erilaista näkymää samaan tuoteperheeseen (Erens 1996, s.59):

- *Spesifikaationäkymä*, jota käytetään myynnin ja valmistuksen välisessä kommunikoinnissa. Se on vakaampi, kuin keskustelu komponenttien spesifikaatioiden tai lopputuotteiden spesifikaatioiden avulla.
- *Kokoonpanonäkymä*, jota käytetään valmistuksessa. Se kuvaa lopputuotteet, alikokoonpanot, komponentit ja niiden väliset suhteet.

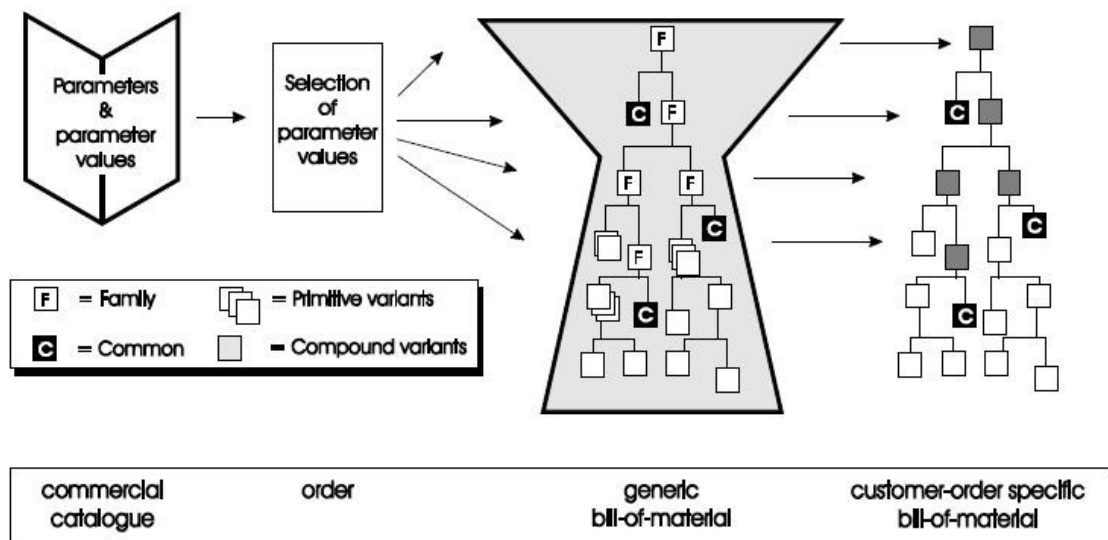
Geneerinen tuoterakennekonsepti yhdistää yksikäsitteisen spesifikaation ja kokoonpanonäkymän yhdeksi tuotemalliksi. Se on suunnittelun luoma kuvaus fyysisestä mallista. Sillä on seuraavanlaiset tavoitteet (Erens 1996, s.59-60):

- Kuvata tuoteperhe spesifikaatio- ja kokoonpanonäkökulmasta.
- Kuvata tuoteperhe ilman moninkertaista tietoa.
- Generoida perheen varianttien täydelliset osaluettelot.
- Mahdollistaa tuotannonhallintaohjelmien käyttö.
- Parantaa tuotteiston läpinäkyvyyttä tuotannon hallinnan ja kehittämisen helpottamiseksi.

Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi GBOM-konsepti käyttää hyväkseen tuoteperheiden ja tuotevarianttien seuraavia ominaisuuksia (Erens 1996, s.60):

1. Toiminnot kuvaavat parhaiten tuoteperheen ja sen varianttien spesifikaatioita.
2. Fyysistä tuoterakennetta, joka on samanlainen mutta ei kuitenkaan identtinen kaikilla tuotevarianteilla, voidaan käyttää kokoonpanonäkymän mallinnuksessa.
3. Tuoteperheen varioituvuus tulee tuotteiden varioituvuudesta tuoterakenteen alemmilla tasoilta.
4. Tuotteen spesifikaationäkymä ja kokoonpanonäkymä ovat erilaiset, mutta ne voidaan yhdistää yhteen tuotemalliin.
5. Tiettyä tilausta vastaava osaluettelo voidaan generoida tuoteperheen kuvauksesta.

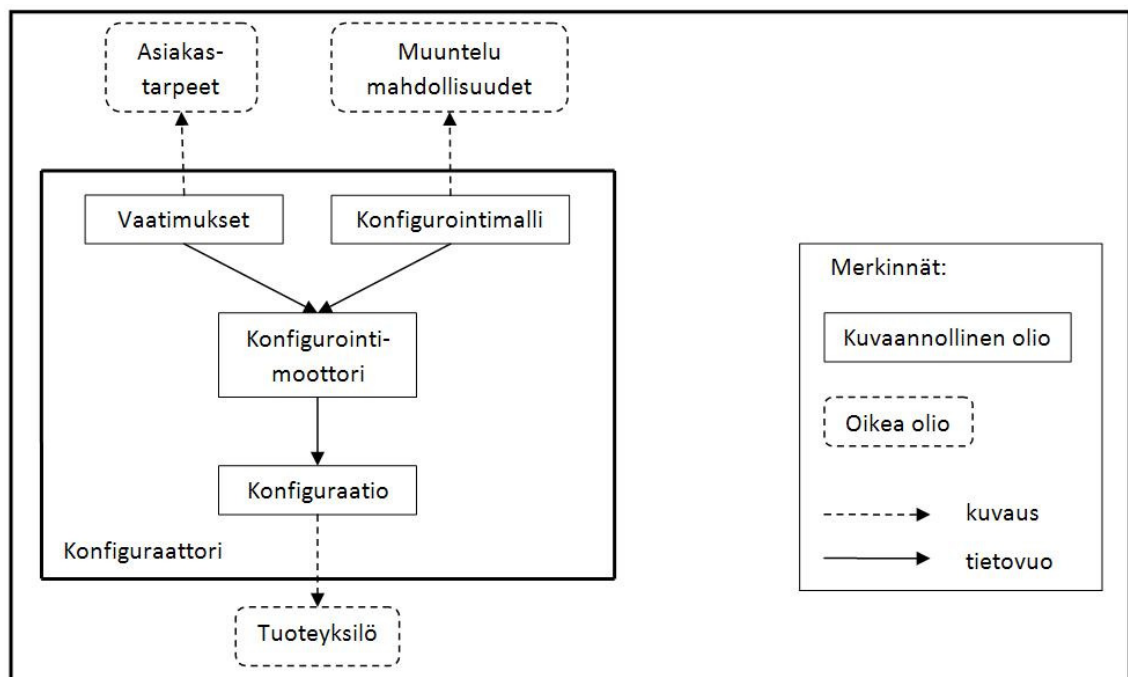
Nämä geneerisen tuoterakennekonseptin ominaisuudet on esitetty kuvassa 30.



Kuva 30. Geneerinen tuoterakennekonsepti Erensin mukaan. (Erens 1996, s.60)



Konfiguraattori on ohjelmistopohjainen työkalu, jota käytetään konfiguraatioiden muodostamiseen ja konfigurointimallien luomiseen ja hallintaan. Syyt sen käyttöönottoon tilaus-toimitusprosessissa liittyvät usein tuotteen monimutkaisuuteen ja tavoitteisiin koko prosessin uudelleensuunnittelussa. Konfiguraattorin käyttö takaa sen, että konfiguraatiot ovat aina virheettömiä ja täydellisiä konfigurointimalliin nähden, ja sen käyttö voi lyhentää tilaus-toimitusprosessia eliminoimalla iteraatiot asiakkaan, myynnin ja suunnittelun välillä. Konfiguraattorin kyky tuottaa virheettömiä konfiguraatioita edellyttää, että konfigurointimallit ovat virheettömiä ja sisältävät kaiken tarvittavan informaation. Konfiguraattori itsessään ei tätä takaa. Konfigurointimallien ja konfiguraatioiden hallinta ja päivittäminen onkin konfiguraattoreiden käytön suurin haaste. Myös konfiguraattorin integrointi muihin tietojärjestelmiin voi tuoda vaikeuksia. (Tiihonen & Soininen 1997, s.11-17) Jos tuotteen muuttuessa konfiguraattoriin ohjelmoitua konfigurointimallia ei päivitetä, muuttuu konfiguraattori nopeasti käyttökelvottomaksi. Ylläpitosyistä on konfiguraattorien käyttö jouduttu monessa yrityksessä jopa lopettamaan. Pahimmassa tapauksessa tuote on ehtinyt muuttua konfiguraattorin rakentamisen aikana niin paljon, että konfiguraattori on jo valmistuessaan vanhentunut. (Peltonen & al. 2002, s.90) Kuva 31 esittää konfiguraattorilla suoritettavan konfigurointitehtävän Soinisen mukaan. (Soininen 2000, s.10)



Kuva 31. Konfiguraattorilla suoritettava konfigurointitehtävä. (Mukailtu lähteestä Soininen 2000, s.10)

## 4. SOVELTAVA OSUUS

### 4.1. Vaihtoehtoiset tuoterakenteet

Tässä kappaleessa esitellään eri perusteilla jaetut tuoterakenteet. Jakoperusteita olisi monta muutakin, mutta tähän on valittu neljä todennäköisintä vaihtoehtoa. Jakoa rajoittaa lähinnä käyttöön otettava toiminnanohjausjärjestelmä (ERP), joka sallii maksimissaan noin 8 eri tuoterakennetta. Jako on suoritettu lähinnä osien/komponenttien kannalta, eikä se ota huomioon yrityksen strategiaa varioinnin suhteen. Yrityksen strategiaa varioinnin suhteen ja sen vaikutusta tuoterakenteeseen käsitellään kappaleessa 4.3.

#### 4.1.1. Päästötasojen mukaan jaettu

Päästölainsäädäntö määrittelee myös off road -puolella minkälaisia dieselmoottoireita voidaan valmistaa. Kansainvälistä päästölainsäädäntöä dominoi kolme alueellista lainsäädäntöä: Euroopan Unionin, Yhdysvaltain EPA:n ja Japanin päästölainsäädäntö. Nämä ovat myös tiukimmat käytössä olevat päästölainsäädännöt. Kaikissa edellä mainituissa päästölainsäädännöissä on päästöjen vähentäminen jaettu askeleisiin eli päästötasoihin. Esimerkiksi EU:ssa eri päästötasot ovat: ei rajoitettu, Stage I, Stage II, Stage IIIA, Stage IIIB ja Stage IV. Vastaavasti EPA:n mukaan: ei rajoitettu, Tier 1, Tier 2, Tier 3, Tier 4 interim ja Tier 4 final. Tällä hetkellä esimerkiksi Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa on käytössä työkonemoottoireiden päästötaso Stage IIIA/Tier 3. Seuraava päästötaso, eli Stage IIIB/Tier 4 interim, tulee käyttöön yli 130 kW:n moottoireissa vuoden 2011 alusta, ja pienemmässä teholuokassa vuotta myöhemmin.

Koska esimerkiksi Venäjällä ja Etelä-Afrikassa on tällä hetkellä käytössä Stage II/Tier 2 päästötaso, eikä Afrikassa ja Etelä-Amerikassa ole päästövaatimuksia ollenkaan, täytyy tuotannossa olla myös alemman päästötason dieselmoottoireita näille alueille. Korkeamman päästötason täyttävät moottorit eivät ole kilpailukykyisiä näillä markkinoilla, koska päästöjen pienentämiseksi tarvittavan kalliin teknologian vuoksi ne ovat kalliimpia kuin alemman päästötason moottorit. Tämä aiheuttaa sen, että tuotannossa täytyy olla yhtä aikaa eri päästötasojen moottoreita, jotka koostuvat eri osista ja komponenteista..

Eri päästötasot täyttävien moottoreiden erot ovat lähinnä polttoainelaitteissa, moottorin ohjauksessa, moottorin etupään koteloissa ja hammaspyörissä sekä männissä. Lisäksi seuraava päästötaso vaatii käyttämään pakokaasun jälkikäsittelylaitteita, joille ei aiemmin ole ollut tarvetta. Koska Stage I/Tier 1 päästötasoa ei enää käytetä (siirrytään suoraan Stage II/Tier 2 tasolle), voitaisiin tuoterakenne jakaa seuraavien päästötasojen mukaan:

- Ei päästörajoitusta
- Stage II/Tier 2
- Stage IIIA/Tier 3
- Stage IIIB/Tier 4 interim
- Stage IV/Tier 4 final

#### **4.1.2. Asiakkaiden mukaan jaettu**

Koska eri asiakkaita on tällä hetkellä noin kuusikymmentä, joista aktiivisia noin puolet, ei tuoterakennetta voida jakaa kaikkien asiakkaiden perusteella, vaan asiakkaita täytyy ryhmitellä. Yhdellä asiakkaalla voi myös olla useita eri käyttösovelluksia, joihin moottoreita asentaa. Eri asiakkaiden mukaisten moottoreiden erot ovat lähinnä öljypohjissa, vauhtipyöräkoteloissa, vauhtipyörissä, generaattori- ja polttoainesuodatin-asennuksissa sekä ahtimen paikka- ja suuntavariaatioissa. Tuoterakenne voitaisiin jakaa seuraavasti asiakkaiden mukaan:

- Valtra
- Massey Ferguson
- Fendt
- AGCO (Hesston, Challenger, Ag-Chem...)
- AJ-Power, GenPowex
- CTP
- Muut

#### **4.1.3. Käyttösovellusten mukaan jaettu**

AGCO SISU POWER Oy:n valmistamia dieselmoottoreita käytetään useissa eri sovelluksissa. Tällöin ei ole mahdollista jakaa tuoterakennetta kaikkien käyttösovellusten mukaan, vaan joudutaan muodostamaan pääkäyttösovellusten lisäksi yksi isompi kokonaisuus (Teollisuusmoottorit), joka kattaa muut sovellukset. Eri käyttösovellusten mukaisten moottoreiden erot tulevat lähinnä käytettävistä öljypohjista, vauhtipyöräkoteloista, vauhtipyöristä, generaattori- ja polttoainesuodatin-asennuksista sekä ahtimen paikka- ja suuntavariaatioista. Tuoterakenne voitaisiin jakaa seuraavien käyttösovellutusten mukaan:

- Traktori
- Puimuri
- Metsäkone
- Aggregaatti
- Itsekulkeva ruisku
- Teollisuusmoottorit (muut)

#### 4.1.4. Sylinteriluvun mukaan jaettu

Kuten jo luvussa 2 kerrottiin, valmistaa AGCO SISU POWER Oy dieselmoottoreita 3-, 4-, 6- ja 7-sylinterisinä versioina. Eri sylinteriluvun mukaisten moottoreiden erot tulevat suurimmaksi osaksi sylinteriryhmistä, kampiakseleista, nokka-akseleista, öljypohjista sekä imu- ja pakosarjoista. Mahdollista olisi myös jakaa tuoterakenne tarkemmin iskutilavuuksien mukaan, mutta tällöin liikuttaisiin hyvin lähellä rakenteiden määrän maksimirajaa, eikä uusille iskutilavuusversioille olisi enää tilaa. Tuoterakenne voitaisiin jakaa sylinteriluvun mukaan seuraavasti:

- 3-sylinterinen
- 4-sylinterinen
- 6-sylinterinen
- 7-sylinterinen

## 4.2. Tuoterakenteiden vertailu

Tuoterakenteiden vertailun aluksi on pyritty keräämään eri jakovaihtoehtojen etuja ja haittoja. Tämän jälkeen eri vaihtoehdoille on suoritettu arvoanalyysi. Kolmannessa kappaleessa on käyty läpi tarkemmin muutosten vaikutusta tuoterakenteeseen.

### 4.2.1. Jakovaihtoehtojen etuja ja haittoja

Seuraavassa on listattu aiemmin esiteltyjen neljän eri jakovaihtoehdon etuja ja haittoja:

#### Päästötasojen mukaan jaettu:

- + Yksi rakenne käsittää aina tietyn ”sukupolven” moottorit, joilla on samantyyppinen polttoainelaitteisto.
- + Päästörajat ovat voimassa vain tietyn ajan, jolloin tuoterakenteella on selkeä elinkaari.
- + Eri asiakasversiot perustuvat olemassa olevaan tuoterakenteeseen.
- Tulevaisuudessa tietyn päästörajan toteuttava moottori koostuu eri komponenteista, kuin tällä hetkellä saman rajan toteuttava moottori.

**Asiakkaiden mukaan jaettu:**

- + Hallinta helpompaa, koska yksi suunnittelija vastaa tietystä rakenteesta.
- Ei mahdollista jakaa kaikkien asiakkaiden mukaan, koska eri asiakkaita on enemmän kuin järjestelmän sallima rakenteiden maksimimäärä.
- Isojen asiakkaiden mukaan tehdyt rakenteet eivät välttämättä toimi pienten asiakkaiden kohdalla, koska pienillä asiakkailla saattaa olla erilaiset vaatimukset tuoterakenteelle kuin isoilla asiakkailla.
- Uuden asiakkaan sovittaminen tai vanhan poistaminen voi olla hankalaa tuoterakenteiden kannalta. Esimerkiksi uusi iso asiakas voi vaatia kokonaan uuden tuoterakenteen.
- Yhdellä asiakkaalla voi olla monta hyvin erilaista moottoriversiota, joiden eroja ovat esimerkiksi eri käyttösovellukset, sylinteriluvut ja päästötasot.

**Käyttösovellusten mukaan jaettu:**

- + Tietty tuoterakenne sisältää hyvin samankaltaisia moottoreita.
- + Uudet asiakkaat soveltuvat yleensä hyvin tyyppillisiin tuoterakenteisiin.
- + Hyvä mahdollisuus standardointiin, koska nähdään helposti mitä eroja tietyn käyttösovelluksen eri moottoriversioilla on.
- Ei voida jakaa kaikkien mahdollisten käyttösovellusten perusteella, koska käyttösovelluksia on enemmän kuin järjestelmän sallima rakenteiden maksimimäärä.

**Sylinteriluvun mukaan jaettu:**

- + Selkeä jakoperuste.
- + Todennäköisesti lähimpänä tuotannon tulevaisuudessa käyttämää rakennetta.
- Muutokset kohdistuvat useaan rakenteeseen, koska eri sylinterimäärän omaavilla moottoreilla on paljon yhtenäisiä osia.
- Sisältää paljon päällekkäisiä rakenteita.

#### 4.2.2. Jakovaihtoehtojen arvoanalyysi

Arvoanalyysissä on vertailtu eri vaihtoehtoja seuraavien ominaisuuksien perusteella: suunnittelun osaluettelon (EBOM) ja tuotannon osaluettelon (MBOM) vastaavuus, rakenteiden päällekkäisyys, ylläpidettävyys/hallinta, sopeutuvuus sekä mahdollisuus kahteen rakenteeseen.

Kokonaisuuden ja etenkin muutosten hallinnan kannalta suunnittelun osaluettelon ja tuotannon osaluettelon tulisi olla mahdollisimman samankaltaisia. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole täysin tiedossa minkälainen tuotannon osaluettelo tulee olemaan tulevaisuudessa, mutta olisikin tärkeää kehittää molempia osaluetteloita (EBOM ja MBOM) samanaikaisesti huomioiden niille asetetut vaatimukset ja niiden väliset vuorovaikutukset. Jos osaluettelot ovat selvästi erilaiset, joudutaan niiden hallintaan ja päivittämiseen uhraamaan ylimääräisiä resursseja, joista aiheutuu yritykselle kustannuksia.

Rakenteiden päällekkäisyyttä tulisi välttää, ja osan tai moduulin ei tulisi esiintyä useassa rakenteen kohdassa. Etenkin muutosten hallinnan kannalta on ongelmallista, jos sama osa tai moduuli esiintyy useassa kohdassa rakennetta, koska silloin siihen kohdistuva muutos vaikuttaa erittäin suureen osaan tuoterakennetta, ollen näin vaikeampi hallita ja toteuttaa.

Rakenteen ylläpito ja hallinta tulisi olla mahdollisimman yksinkertaista ja helppoa. Monimutkainen ja epäselvä tuoterakenne on hidas ja kallis ylläpitää, sekä sen oikeellisuutta on vaikea todeta, joten se voi olla epäluotettava ja aiheuttaa ongelmia koko tilaus-toimitus prosessissa.

Rakenteen tulisi sopeutua helposti muutoksiin asiakkaiden ja käyttösovellusten kohdalla. Yritykselle voi esimerkiksi tulla monta uutta asiakasta, tai joitain asiakkaita voidaan menettää kilpailijoille. Uudet asiakkaat tuovat mukanaan myös mahdollisesti uusia käyttösovelluksia. Onkin tärkeää, että mahdolliset uudet asiakassovellukset pystyttäisiin toteuttamaan mahdollisimman helposti olemassa olevalla tuoterakenteella.

Tulevaisuudessa voidaan joutua tekemään konsernin sisäisille ja ulkopuolisille asiakkaille omat rakenteensa. Tämä johtuu lähinnä siitä, että yrityksen valmistama moottori on konsernin sisäiselle asiakkaalle puolivalmiste, ja sen rakenteen tulee näkyä lopputuotteen, eli esimerkiksi traktorin tuoterakenteessa, koska käytetään samoja nimikkeitä ja samaa järjestelmää. Konsernin ulkopuoliselle asiakkaalle moottori on puolestaan lopputuote, eikä sen tuoterakenteella ole heille mitään merkitystä.

**Taulukko 2. Eri jakovaihtoehtojen arvoanalyysi.**

Ominaisuudet	Painoarvo	I	II	III	IV
Ylläpidettävyyys/Hallinta	0,35	7	6	6	5
EBOM ja MBOM vastaavuus	0,25	5	5	6	8
Rakenteiden päällekkäisyys	0,15	6	4	5	2
Sopeutuvuus	0,15	7	7	9	7
Kahden rakenteen mahdollisuus	0,10	6	9	6	6
<b>Yhteensä</b>	<b>1,0</b>	<b>6,25</b>	<b>5,90</b>	<b>6,30</b>	<b>5,70</b>

- I Päästötasojen mukaan jaettu  
 II Asiakkaiden mukaan jaettu  
 III Käyttösovellusten mukaan jaettu  
 IV Sylinteriluvun mukaan jaettu  
 1...10 Arvosana

Painoarvojen määrittely tapahtui sen perusteella, mitä tuoterakenteen ominaisuuksia pidettiin erittäin tärkeinä, ja mitä vähemmän tärkeinä. Taulukosta 2 nähdään, että ylläpidettävyyttä/hallintaa pidettiin selkeästi kaikista tärkeimpänä ominaisuutena, ja se saikin kaikista suurimman painokertoimen. Toiseksi tärkeimpänä ominaisuutena oli vastaavuus suunnittelun ja tuotannon osaluetteloiden välillä. Tämä on tärkeää etenkin muutosten hallinnan osalta. Kolmanneksi suurimman painokertoimen saivat rakenteiden päällekkäisyys ja sopeutuvuus. Pienin painoarvo annettiin kahden rakenteen mahdollisuudelle.

Kullekin jakovaihtoehdolle annettiin arvosana asteikolla 1...10 sen kuhunkin ominaisuuteen soveltuvuuden perusteella. Arvosana-asteikolla 10 edustaa lähes täydellistä soveltuvuutta ja 1 puolestaan lähes täydellistä soveltumattomuutta. Päästötasoperusteinen jako sai ylläpidettävyyden/hallinnan kohdalla parhaan arvosanan lähinnä siksi, että siinä rakenteilla on selkeä elinkaari. Suunnittelun ja tuotannon osaluetteloiden vastaavuuden kohdalla sylinteriluvun mukaan jaettu tuoterakenne sai selvästi parhaan arvosanan, sillä sen arvioidaan olevan hyvin lähellä tuotannon tulevaisuudessa käyttämää rakennetta. Rakenteiden päällekkäisyyden kohdalla sylinteriluvun mukaan jaettu rakenne sai selvästi heikoimman arvosanan, sillä se sisältää paljon päällekkäisiä rakenteita. Sopeutuvuuden kohdalla käyttösovellusten mukaan jaettu rakenne sai parhaan arvosanan, sillä sen mukaan jaetusta rakenteesta on helppo muodostaa moottorivariaatio uudelle asiakkaalle. Kahden rakenteen mahdollisuuden kohdalla asiakkaiden mukaan jaettu rakenne sai parhaan arvosanan, koska silloin voidaan helposti tehdä konsernin sisäisille asiakkaille erilainen rakenne kuin konsernin ulkopuolisille asiakkaille.

Taulukossa 2 esitettyjen yhteispistemäärien perusteella suositeltavia vaihtoehtoja olisivat sekä päästötasojen mukaan että käyttösovellusten mukaan jaettu tuoterakenne. Ne saivat selvästi paremmat pisteet kuin asiakkaiden mukaan jaettu tuoterakenne tai sylinteriluvun mukaan jaettu tuoterakenne.

#### **4.2.3. Muutosten vaikutus tuoterakenteeseen**

Muutosten vaikutusta tuoterakenteeseen lähdettiin tutkimaan kartoittamalla vuosien 2007 ja 2009 välisenä aikana tehdyt tuotteiden rakenteisiin ja osaluetteloihin kohdistuvat muutokset. Yhteensä näitä muutoksia kertyi edellä mainitulla ajanjaksolla 586 kappaletta. Kyseiset muutokset on listattu liitteessä 2.

Muutoksista noin 15 prosenttia tuli pyyntöinä/vaatimuksina asiakkailta, ja loput 85 prosenttia tuotekehityksellisistä ja tuotannollisista syistä yrityksen sisältä. Muutoksista 77 prosenttia kohdistui suoraan osaluetteloon, 21 prosenttia kohdistui osaluetteloiden sisältämiin koosteisiin ja loput 2 prosenttia molempiin.

Niin sanottuja massamuutoksia, eli muutoksia, jotka kohdistuvat vähintään kymmeneen eri osaluetteloon joko suoraan tai välillisesti koosteiden kautta, tuli kyseisenä ajanjaksona 226 kappaletta. Tämä on 38 prosenttia kaikista rakenteisiin ja osaluetteloihin kohdistuvista muutoksista. 22 prosenttia kohdistui osaluetteloihin suoraan ja 16 prosenttia välillisesti. Suurimmillaan yksittäinen muutos kohdistui 466 eri osaluetteloon. Tällaisten massamuutosten toteuttaminen on yksi suurimmista haasteista tulevalle tuoterakenteelle.

Muutoksista 61 prosenttia kohdistui vain yhteen asiakkaaseen kerrallaan ja 39 prosenttia kahteen tai useampaan asiakkaaseen yhtä aikaa. Osa tästä määrästä selittynee sillä, että jokaisella asiakkaalla on oma vastuullinen suunnittelija, joka tekee muutokset. Vaikka kyseessä olisi laajempikin muutos, on suunnitteluosaston sisällä voitu sopia, että jokainen suunnittelija tekee muutoksen omien asiakkaidensa rakenteisiin.

Tarkempaa tutkimusta varten muodostettiin moottorin sisältäville osille karkea moduulijako, jossa osat on jaettu kahteenkymmeneen eri moduuliin. Moduulijako on seuraavanlainen:

1. Sylinteriryhmä liittyvine osineen, eli kampiakseli, nokka-akseli, kiertokanget, männät, sylinteriputket, laakerit, napakappale, värähtelynvaimennin, öljynmittatikku, nelisynterisissä moottoreissa vastapainokoneisto, jne.
2. Öljypohja liittyvine osineen, eli öljypumppu, öljyputket, jne.
3. Vauhtipyöräkotelot ja vauhtipyörä kiinnitysosineen.
4. Hammaspyöräkotelot ja etukannet osineen, jakopään hammaspyörät, öljyntäyttöputki etukanteen, ruiskupumpun ohjainrenkas, jne.



5. Vesipumppu, termostaatin kotelo, termostaatit, termostaattikotelon kansi, tuulettimen pyörityslaite 84- ja 98-moottoreissa, kampiakselin hihnapyörä, hihnankiristin telineineen, taittopyörä, hihna, jne.
6. Generaattori ja käynnistinmoottori kiinnitysosineen.
7. Käyttölaite, paineilmakompressori, hydraulipumppu, käyttölaitteen peitekansi, kiinnitysosat, jne.
8. Öljynjäähdytin osineen, öljynsuodatin, keskipakoöljynsuodatin osineen.
9. Pakosarja, ahdin, ahtimen öljyputket, ahtokäyrä, lämpösäteilysuoja, kiinnitysosat, jne.
10. Sylinterikannet, venttiilivivustot, kansien vesiluukut, nostosilmukat, kiinnitysosat, jne.
11. Venttiilivivustonkannet osineen, huohotusletkut osineen.
12. Imusarja, imusarjan jatkoputki, ahtoilman lämmitin, solenoidi, ahtoputki, kiinnitysosat, jne.
13. Polttoainelaitteet, eli pumppu, putket, suodattimet ja niiden telineet, suuttimet, yhteispaineputki, pysäytin, jne.
14. Johtosarjat ja ECU telineineen, ID-moduuli, anturit, etuvastus polttoainepumpulle, jne.
15. Ryhmälämmitin.
16. A/C-kompressori, A/C-kompressorin teline, hihna, kiinnitysosat.
17. CCV-osat.
18. Moottorin kiinnityskorvakkeet.
19. Moottorimaali.
20. Meriosat, eli lämmönvaihdin, raakavesipumppu, välijäähdytin, öljyntyhjennyspumppu, jne.

Moduulien muodostamisessa on hyödynnetty kappaleessa 3.2.3 esitettyjä moduulijaon periaatteita.

Moduuliin 1 on pyritty yhdistämään osia, joiden välillä on selkeitä vuorovaikutuksia, kuten mekaanista liikettä. Lisäksi ne muodostavat niin sanotun luonnollisen moduulin, eli siihen kuuluvat osat ja komponentit luonnostaan täydentävät toisiaan.

Moduuli 2 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli voiteluöljyn säilyttämiseen ja kierrättämiseen moottorissa. Lisäksi öljypohja on voimakkaasti asiakasvarioituva komponentti.

Moduulin 3 sisältämät komponentit toimivat liityntäpintana asiakkaan voimansiirtoon, joten ne ovat myös voimakkaasti asiakasvarioituvia ja muodostavat myös luonnollisen moduulin. Moduulit 2 ja 3 olisi voinut myös yhdistää, sillä niiden välisissä yhdistelmissä on paljon rajoituksia, mutta muodostuneiden moduulien määrä olisi ollut hyvin suuri, joten ne pidettiin erillään.

Moduuli 4 sisältää osia, joiden välillä on selkeitä vuorovaikutuksia, kuten mekaanista liikettä. Lisäksi ne tulee paikoittaa toisiinsa nähden hyvin tarkasti.

Moduuli 5 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli moottorin jäähdytykseen. Lisäksi vesipumpun hihnapyörä on asiakasvarioituva komponentti, sillä se yleensä toimii liityntäpintana asiakkaan tuulettimelle ja vaikuttaa sen välityssuhteeseen.

Moduulin 6 sisältämät komponentit muodostavat luonnollisen moduulin riippuen siitä, onko käytössä 12 voltin vai 24 voltin sähköjärjestelmä.

Moduuli 7 sisältää osia, jotka ovat asiakasvarioituvia lähinnä siinä mielessä, että ne joko valitaan tai ei.

Moduulin 8 sisältämät osat liittyvät tietyn toiminnan toteuttamiseen, eli moottoriöljyn suodattamiseen ja jäähdyttämiseen.

Moduuli 9 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnan toteuttamiseen, eli pakokaasujen poistamiseen ja moottorin imuilman ahtamiseen. Lisäksi ne ovat asiakasvarioituvia, sillä turboahtimen paikalla on iso vaikutus asiakkaan applikaatioon.

Moduuli 10 sisältää osia, joiden välillä on selkeitä vuorovaikutuksia, kuten mekaanista liikettä. Lisäksi niiden sisältämien osien oikea paikoitus toisiinsa nähden on tärkeää.

Moduuli 11 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli lähinnä venttiilikoneiston suojaamiseen. Lisäksi ne ovat asiakasvarioituvia sen perusteella, tuleeko niihin öljyntäyttö vai ei.

Moduulin 12 sisältämät osat liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli ahtoilman johdattamiseen sylinterikansille. Ne myös muodostavat luonnollisen moduulin.

Moduuli 13 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli polttoaineen toimittamiseen sylintereihin. Sen pääkomponentit tulevat usein samalta toimittajalta, jolloin se myös vastaa ainakin osittain yksikön tuotekehityksestä.

Moduuli 14 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli moottorin ohjaukseen.

Moduuli 15 on asiakasvarioituva siinä mielessä, että se joko valitaan tai ei.

Moduulin 16 sisältämät osat liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli mahdollistavat ilmastoinnin toiminnan asiakkaan applikaatiossa.

Moduuli 17 sisältää osia, jotka liittyvät tietyn toiminnan toteuttamiseen, eli öljyn erottamiseen moottorin huohotuskaasusta.

Moduuli 18 on asiakasvarioituva siinä mielessä, että se joko valitaan tai ei.

Moduuli 19 liittyy ulkonäölliseen variointiin. Se voidaan myös jättää valitsematta.

Moduuliin 20 on kerätty niin sanotut moottorin marinointiosat. Ne liittyvät tietyn toiminnon toteuttamiseen, eli mahdollistavat moottorin käytön veneissä ja laivoissa.

Taulukossa 3 on esiteltyä moduulit, niihin kohdistuvien muutosten määrä ja prosenttiosuus kokonaismuutosmäärästä. Taulukon 3 maksimimuutosmäärä 616 selittyy sillä, että osa tehdyistä muutoksista kohdistuu useampaan moduuliin yhtä aikaa, mutta ne on jaettu yksittäisiksi muutoksiksi. Lisäksi muutosmäärästä on poistettu ne muutokset, jotka kohdistuivat osiin/komponentteihin, jotka eivät enää kuulu moottorin tuoterakenteeseen. Näihin kuuluvat esimerkiksi tuulettimet, koska niitä ei enää myydä AGCO SISU POWER Oy:n toimesta.

**Taulukko 3. Muutokset jaoteltuina eri moduuleihin kohdistuviksi.**

<b>Moduuli</b>	<b>Muutokset kpl</b>	<b>Muutokset %</b>
1	66	10,7
2	16	2,6
3	17	2,8
4	17	2,8
5	63	10,2
6	47	7,6
7	14	2,3
8	11	1,8
9	42	6,8
10	95	15,4
11	31	5,0
12	21	3,4
13	91	14,8
14	58	9,4
15	8	1,3
16	9	1,5
17	0	0,0
18	3	0,5
19	4	0,6
20	3	0,5
<b>Yhteensä</b>	<b>616</b>	<b>100</b>

Taulukosta 3 nähdään, että moduuliin 10 on kohdistunut suurin määrä muutoksista, 15.4 prosenttia. Tämä moduuli sisältää sylinterikannet ja niihin liittyvät osat. Suurin osa näistä muutoksista on kuitenkin sellaisia, että ne eivät riipu asiakkaista, käyttösovelluksista tai sylinteriluvusta. Päästöihin niillä on kuitenkin jonkinlainen vaikutus, sillä ne liittyvät moottorin toiminnan kehittämiseen ja parantamiseen.

Toiseksi suurin määrä muutoksia on kohdistunut moduuliin 13, 14.8 prosenttia. Kyseinen moduuli koostuu lähinnä polttoainelaitteistosta. Koska käytettävä polttoainejärjestelmä riippuu lähinnä päästötasosta eikä niinkään asiakkaista, käyttösovelluksista tai sylinteriluvusta, puoltaisi tämä päästötasojen mukaan jaettua tuoterakennetta.

Moduuliin 1 kohdistui kolmanneksi eniten muutoksia, 10.7 prosenttia. Tämä moduuli sisältää sylinteriryhmän siihen liittyvine osineen. Nämä muutokset liittyvät lähinnä moottorin peruskehitykseen ja sitä kautta päästöihin, eivätkä ne aiheudu asiakkaisiin, käyttösovelluksiin tai sylinterilukuun liittyvistä syistä. Tämäkin puoltaisi päästötasojen mukaan jaettua tuoterakennetta.

Myös moduuliin 5 kohdistui yli kymmenen prosenttia muutoksista, 10,2 prosenttia. Tähän moduuliin kuuluu moottorin jäähdytysvesikiertoon liittyvät osat ja sitä kautta myös hihnat ja hihnankiristimet. Näillä osilla on suuri vaikutus asiakassovelluksiin ja jonkin verran eri käyttösovelluksiin, ei niinkään päästötasoihin tai sylinterilukuihin. Nämä muutokset puoltaisivat lähinnä asiakkaiden perusteella jaettua tuoterakennetta ja jonkin verran käyttösovellusten mukaan jaettua tuoterakennetta.

Moduuliin 14 kohdistui seuraavaksi eniten muutoksia, 9,4 prosenttia. Tähän moduuliin kuuluvat muun muassa johtosarjat ja ECU telineineen. Nämä osat ovat hyvin pitkälle päästötasoista riippuvia, joten ne puoltaisivat päästötasojen mukaan jaettua tuoterakennetta.

Moduuliin 6 kohdistui 7,6 prosenttia muutoksista. Tämä moduuli sisältää generaattorin ja käynnistinmoottorin kiinnitysosineen. Kyseiset osat liittyvät lähinnä asiakas- ja käyttösovelluksiin, ei päästötasoihin tai sylinterilukuun. Kyseiset muutokset puoltaisivat asiakas- ja käyttösovellusperustaista tuoterakenteen jakoa.

Moduuliin 9 kohdistui 6,8 prosenttia muutoksista. Kyseinen moduuli sisältää pakosarjan ja ahtimen putkineen ja kiinnitysosineen. Tähän moduuliin kohdistuneilla muutoksilla on vaikutusta lähinnä asiakas- ja käyttösovelluksiin, joten tämä puoltaisi niiden mukaista tuoterakenteen jakoa.

5 prosenttia muutoksista kohdistui moduuliin 11. Tämä moduuli sisältää venttiilivivustonkannet ja huuhotusletkut osineen. Nämä osat riippuvat sylinteriluvusta, asiakkaasta ja käyttösovelluksesta, joten tämä puoltaisi tuoterakenteen jakamista niiden mukaan.

Muutostenhallinnan kannalta suositeltavin vaihtoehto olisi jakaa tuoterakenne päästötasojen perusteella. Näin siksi että suurin osa muutoksista kohdistuu osiin, jotka muuttuvat päästötasojen perusteella. Myös asiakas- tai käyttösovellusperustainen jako voisi olla harkittavissa oleva vaihtoehto, koska niidenkin perusteella muuttuviin osiin kohdistuu iso osa muutoksista. Sylinteriluvun perusteella jaettu tuoterakenne olisi muutostenhallinnan kannalta kaikista huonoin vaihtoehto.

### **4.3. Yrityksen variointistrategian vaikutus tuoterakenteeseen**

Perinteisesti yrityksessä on ollut tapana sallia yhtäläinen varioituvuus kaikkien asiakkaiden kesken. Moottoriversiot on räätälöity hyvin pitkälle asiakkaiden toiveiden mukaisesti riippumatta siitä, onko asiakas ostanut moottoreita 10 kappaletta vai 1000 kappaletta vuodessa. Tämä oli mahdollista, kun vuotuiset moottorituotantomäärät olivat kohtuullisen pieniä, eli noin 10000 kappaletta vuodessa. Nykyään vuosivolyymi on kuitenkin kolminkertainen, ja sitä on tulevaisuudessa tarkoitus kasvattaa vielä lisää. Tämä tarkoittaa sitä, että enää ei voida sallia samanlaista varioituvuutta kuin ennen, vaan täytyy pyrkiä standardoimaan ja vähentämään eri moottorivariaatioita. Moottorivariaatioiden hallintaa täytyy myös parantaa, ja se onkin yksi syy miksi tätä työtä tehdään. Myös tuotekehitysresurssit ovat rajalliset, joten ne tulisi kohdistaa mahdollisimman järkevästi.

AGCO SISU POWER Oy:n strategiana onkin sallia volyymituotteille, eli traktori- ja puimurimoottoreille, suurempi varioituvuus kuin pienivolyymisille tuotteille. Pienivolyymisiin tuotteisiin kuuluvat esimerkiksi metsäkone-, aggregaatti- ja työkonemoottorit. Käytännössä tämä tarkoittaa pienivolyymisten tuotteiden kohdalla sitä, että pyritään tekemään tiettyä käyttösovellusta mahdollisimman hyvin palveleva rakenne, jota sitten varioidaan ja näin muodostettuja moottorivariaatioita myydään useammalle asiakkaalle. Tämä on jo toteutunut esimerkiksi aggregaattimoottorien osalla. Niille muodostettiin reilun kahdenkymmenen moottoriversion mallisto, jota myydään sitten useammalle aggregaattivalmistajalle. Aiemmin kyseisille asiakkaille räätälöitiin uusia moottoriversioita lähes tilauskohtaisesti, ja erilaisia aggregaattimoottoriversioita olikin tuotannossa yli sata sarjakokojen jäädessä kuitenkin muutamii moottoriyksilöihin.

Uuden strategian mukainen toimintatapa on ollut isommilla kilpailijoilla käytössä jo pidemmän aikaa. Aiemmin AGCO SISU POWER Oy:n kilpailuvaltti olikin hyvin pitkälle viety asiakasräätälöinti, mutta kuten edellä on mainittu, sitä täytyy nyt rajoittaa ja kilpailla muilla ominaisuuksilla.

Tuoterakenteen kannalta tämä tarkoittaa sitä, että tuoterakenne kannattaisi jakaa vuosivolyymien mukaan, jolloin traktori- ja puimurimoottorit yhdistettäisiin samaan rakenteeseen, ja muille moottoriversioille muodostettaisiin oma rakenteensa. Tällöin ne moottoriversiot, joille sallitaan suurempi variointi, olisivat samassa rakenteessa, ja ne moottoriversiot, joiden variointia pyritään rajoittamaan, olisivat omassa rakenteessaan.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuoterakenteen muodostaminen on hankala prosessi, sillä ei ole mitään valmista ja yleispätevää työkalua, jolla se voitaisiin suorittaa. Se täytyykin suorittaa aina tapauskohtaisesti. Prosessin tulos on aina kompromissi eri tekijöiden suhteen, ja sen hyvyys riippuu pitkälti siitä, onko löydetty oikeat perusteet tuoterakenteen muodostamiseen. Perusteet tulevat muun muassa yrityksen strategiasta, toimintatavoista ja toimintaympäristöstä.

Tuoterakenteen eri jakovaihtoehtojen vertailussa tuli selvästi ilmi, että päästötasojen mukainen tai käyttösovellusperustainen jako oli selkeästi parempi vaihtoehto, kuin asiakas- tai sylinterilukuperustainen jako. Näiden kahden paremman vaihtoehdon välillä ei kuitenkaan ollut suurta eroa, molemmissa on omat hyvät ja huonot puolensa. Kun huomioidaan AGCO SISU POWER Oy:n strategiamuutokset moottoritarjonnassa, ei asia olekaan enää niin yksinkertainen. Yrityksen uuden strategian mukainen jako tapahtuisi sallitun variaatiomäärän perusteella eikä suoraan päästötason tai käyttösovellusten mukaan. Suositeltavin vaihtoehto olisikin yhdistää strategian mukainen variaation sallimisperustainen jako, päästötasojen mukainen jako, sekä käyttösovellusten mukainen jako. Tuoterakenne jaettaisiin ensin kahteen osaan sallitun varioinnin perusteella. Yksi rakenne moottoreille, joille sallitaan varioituvuutta, ja toinen moottoreille, joiden varioituvuutta pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Ensin mainittuun rakenteeseen tulisi traktori- ja puimurimoottorit, jotka kattavat suurimman osan AGCO SISU POWER Oy:n moottorituotannosta. Näille moottoreille sallittaisiin suurempi varioituvuus, sillä ne ovat yrityksen ydinliiketoimintaa. Toiseen rakenteeseen tulisi muut moottorit, kuten metsäkone-, aggregaatti- sekä työkonemoottorit. Näiden moottoreiden varioituvuus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Kahta edellä mainittua rakennetta kannattaisi jaotella vielä pienempiin kokonaisuuksiin päästötasojen ja käyttösovellusten perusteella. Traktori- ja puimurimoottorien rakennetta kannattaa jaotella päästötasojen perusteella, jolloin saavutetaan suuria etuja etenkin muutosten hallinnassa. Toinen rakenne kannattaa jakaa käyttösovellusten perusteella, jolloin saavutetaan selkeä ja helpommin ylläpidettävä rakenne, joka sopeutuu hyvin uusien asiakkaiden tuloon.

Rakenne, jossa variointia rajoitetaan, soveltuu konfigurointiin, sillä sen moottorivariantit täyttävät monta kappaleessa 3.3.1 esitettyä konfiguroitavan tuotteen ominaisuutta. Sen sijaan rakenne, jolle sallitaan suurempi varioituvuus voi olla haasteellisempi konfiguroitava, sillä siinä on todennäköisesti tarvetta suunnitella tilaus-toimitusprosessin aikana uusia komponentteja.

## LÄHTEET

(Andreasen 2003) Andreasen, M.M. 2003. Relations between modularisation and product structuring. 6<sup>th</sup> workshop on Product structuring. Department of Mechanical Engineering. Technical University of Denmark. 15s.

(Andreasen & al 1995) Andreasen, M.M., Hansen, C.T., Mortensen, N.H. 1995 On Structure and Structuring. Workshop Fertigungsgerechtes Konstruieren. Erlagen Germany.

(Andreasen & al 1996) Andreasen, M.M., Hansen, C.T., Mortensen, N.H. 1996. The Structuring of Product Program. Proceeding of the WDK Workshop on Product Structuring. Delft University of Technology.

(ASP 2009) AGCO SISU POWER. 2009. Company Presentation.

(ASP 2010) AGCO SISU POWER. 2010. Yhdessä Rakentaen, APS - Sisulla ja Sydämellä. PK-Paino Oy. 12s.

(Crnkovic & al. 2003) Crnkovic, I., Asklund, U., Persson-Dahlqvist, A. 2003. Implementing and Integrating Product Data Management and Software Configuration Management. Artech House Inc. 338s.

(Eckert & al. 2001) Eckert, C.M., Zanker, W., Clarkson, P.J. Aspects of a Better Understanding of Changes. In: Proceedings International Conference on Engineering Design. Design Management, edited by Culley, S. & al. Professional Engineering Publishing. Glasgow, UK. s.577-584.

(Erens 1996) Erens, F.J. 1996. The Synthesis of Variety : Developing Product Families. Väitöskirja. Eindhoven University of Technology. 286s.

(Harlou 2006) Harlou, U. 2006. Developing product families based on architectures - Contribution to a theory of product families. Väitöskirja. Department of Mechanical Engineering. Technical University of Denmark. 173s.

(Hubka 1982) Hubka, V., kääntänyt Eder, W. 1982. Principles of Engineering Design. Butterworth & Co Ltd. 118s.

(Huhtala & Pulkkinen 2009) Huhtala, P. Pulkkinen, A. 2009. Tuotettavuuden kehittäminen - Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Teknologiateollisuus ry. 431s.

(Hölttä-Otto 2005) Hölttä-Otto, K. 2005. Modular Product Platform Design. Väitöskirja. Teknillinen Korkeakoulu, Helsinki. 65s.

(Lehtonen 2007) Lehtonen, T. 2007. Designing Modular Product Architecture in the New Product Development. Väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. 229s.

(Lehtonen & al. 2003) Lehtonen, T., Juuti, T., Pulkkinen, A., Riitahuhta, A. 2003. Stakeholder view effects on modularity in configurable products. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Workshop of Product Structuring - Application of Product Models, ed. Niel Henrik Mortensen. Technical University of Denmark. s.25-34

(Marshall 1998) Marshall, R. 1998. Design Modularisation: A Systems Engineering Based Methodology For Enhanced Product Realisation. Väitöskirja. Department of Manufacturing Engineering. Loughborough University. 250s.

(Mortensen 2000) Mortensen, N.H. 2000. Design Modelling in a Designer's Workbench. Väitöskirja. Institute for Engineering Design. Technical University of Denmark.

(Mortensen & Andreasen 1996) Mortensen, N.H., Andreasen, M.M. 1996. Designing in an Interplay with a Product Model -Explained by Design Units. IPS Research Seminar. Fuglsø, Denmark.

(Mortensen & Hansen 1999) Mortensen, N.H., Hansen, T.C. 1999. Critical Enthusiasm, Contributions to Design Science: Structuring as a Basis for Product Modelling. Tapir, Trondheim. s.111-128.

(Pahl & Beitz 1986/90) Pahl, G., Beitz, W. 1986. Konstruktionslehre, Handbuch für Studium und Praxis. 2. auflage. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg. Suomenkielinen käännös: Uolevi Konttinen. 1990. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Helsinki. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 608 s.

(Peltonen & al. 2002) Peltonen, H., Martio, A., Sulonen, R. 2002. PDM - Tuotetiedon hallinta. Helsinki, Edita Prima Publishing. 169s.

(Pulkkinen 2007) Pulkkinen, A. 2007. Product Configuration in Projecting Company: The Meeting of Configurable Product Families and Sales-Delivery Process. Väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. 184s.

(Riitahuhta & Andreasen 1998) Riitahuhta, A., Andreasen, M.M. 1998. Configuration by Modularisation. Proceeding of NordDesign '98. Stockholm, Sweden.



(Slack 2007) Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. 2007. Operations Management. Viides painos. Pearson Education Limited. 728s.

(Soininen 2000) Soininen, T. 2000. An Approach to Knowledge Representation and Reasoning for Product Configuration Tasks. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu, Helsinki. 113s.

(Stake 2001) Stake, R.B. 2001. A Framework for Evaluating Commonality. Design for Configuration - A debate based on the 5th WDK Workshop on Product Structuring. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. s.169-184.

(Tiihonen & Soininen 1997) Tiihonen, J., Soininen, T. 1997. Product Configurators - Information System Support for Configurable Products. Technical report, TKO-B137. Helsinki. Helsinki University of Technology. 22s.

(Tiihonen 1999) Tiihonen, J. 1999. Kansallinen konfigurointikartoitus - asiakaskohtainen muuntelu suomalaisessa teollisuudessa. Lisensiaatintyö. Teknillinen korkeakoulu, Helsinki. 193s.

(Ulrich & Eppinger 2008) Ulrich, K.T., Eppinger, S.D. 2008. Product Design and Development. The McGraw-Hill Companies Inc. 368s.

(Ulrich & Tung 1991) Ulrich, K.T., Tung K. 1991. Fundamentals of Product Modularity. DE-vol.39. Issue in Design/Manufacture Integration. ASME. New York, NY. s.73-79.

(Whitney 2004) Whitney, D.E. 2004. Mechanical Assemblies - Their Design, Manufacture, and Role in Product Development. Oxford University Press. 432s.

(Österholm & Tuokko 2001) Österholm, J., Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin, Modular Function Deployment. MET-julkaisu nro. 21/2001. Helsinki. Metalliteollisuuden Keskusliitto. 64s.

**Internet lähteet:**

(ASP 2008) AGCO SISU POWER. 2008. General Brochure. [verkkodokumentti].  
[viitattu 5.11.2009]. Saatavissa: <http://www.agcosisupower.com/company/brochures/>

(Erens & Verhulst 1997) Erens, F., Verhulst, K. 1997. Architectures for product families. [verkkodokumentti]. [viitattu 22.12.2009]. Saatavissa: <http://www.adapcare.nl/docs/Architectures%20for%20Product%20Families.pdf>

(Ulrich 2007) Ulrich, Karl T. 2007. Design - Creation of Artifacts in Society. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.12.2009]. Saatavissa: <http://opim.wharton.upenn.edu/~ulrich/designbook.html>.

## LIITE 1: MODULAARISUUDEN EDUT JA HAITAT

Edut tuotesuunnittelun näkökulmasta:

- *Parannettu tuotekehitys.* Modulaarinen tuote lisää tiimityöskentelyä ja rinnakkaissuunnittelua, jolloin toimitusaika lyhenee.
- *Yksinkertaisemmat tuotteet.* DfA-menetelmään pohjautuva modulaarinen strategia ja standardiosien käyttö aina kun mahdollista tekee tuotteesta yksinkertaisemman. Tämä vaikuttaa tuotantoon, kokoonpanoon ja muihin tekijöihin, kuten esimerkiksi luotettavuuteen, positiivisesti.
- *Osa/komponenttivaruaatioiden määrän väheneminen.* Modulaarinen rakenne mahdollistaa suuren määrän lopputuotteita pienestä määrästä moduuleja. Standardimoduulien käytöllä voidaan vähentää varastoitavien nimikkeiden määrää ja tarvittavia työkaluja.
- *Yksinkertaisemmat muutokset tuotteeseen tai valmistukseen.* Muutokset kohdistuvat yleensä yhteen moduulin tai valmistuksen osa-alueeseen, jolloin ei tarvita uudelleen suunnittelua koko tuotteeseen tai valmistukseen.
- *Helpottaa tuotesuunnittelua ja sen hallintaa.* Tuotesuunnitteluprosessi on yksinkertaisempi, kun keskitytään yksittäisiin moduuleihin eikä koko tuotteeseen kerralla. Muutokset suunnittelun edetessä eivät haittaa koko suunnitteluprosessia, koska ne kohdistuvat yleensä vain tiettyyn moduuliin.
- *Luonnollinen suunnittelumenetelmä.* Suunnittelu modulaarisesta näkökulmasta johtaa luonnolliseen jakoon esim. elektroniikan, mekaniikan, optiikan jne. välillä. Tämä kasvattaa suunnittelun laatua.
- *Yksinkertaisempi tuotesuunnittelu.* Tuotesuunnittelu yksinkertaistuu standardimoduulien käytöllä, koska se vähentää eri tuotevariaatioiden välisiä muutoksia.

Haitat tuotesuunnittelun näkökulmasta:

- *Rajapintojen määrittely.* Rajapintojen tulee olla tarkasti määritelty, jotta moduulien yhdisteleminen on mahdollista.
- *Määrittelyongelmat.* Tuotteen jako sopiviin moduuleihin ja rajapintojen määrittely voi olla hyvinkin hankalaa. Korostuu erityisesti tuotteissa, joissa on paljon sisäisiä kytkentöjä.
- *Tarkan implementointimetodin puuttuminen.* Tällä hetkellä ei ole olemassa tarkkaa ja kattavaa metodologiaa modulaarisuuden käyttöönottoon. Se on vielä enemmän tai vähemmän konseptiasteella. Tämä voi pelottaa monia, jotka haluaisivat hyödyntää modulaarisuuden etuja.

- *Painon kasvu.* Moduulien käyttö voi johtaa tuotteen kokonaispainon kasvuun liitântöjen lisääntymisen ja komponenttien lisääntymisen tai moninkertaistumisen takia.
- *Spesifikaatioiden määrän kasvu.* Tuotespesifikaation lisäksi täytyy jokaisesta moduulista olla oma spesifikaationsa. Lisäksi kaikkien spesifikaatioiden täytyy olla hyvin yksityiskohtaisia, jolloin niiden hallintaan kohdistuvat vaatimukset lisääntyvät.
- *Totuttelua vaativa työtap.* Vaikka modulaarinen suunnittelu onkin luonnollinen tapa, on se uusi monille suunnittelijoille ja vaatii totuttautumista.

Edut valmistuksen näkökulmasta:

- *Tuotteen ja prosessin yhtäaikainen suunnittelu.* Kun moduulia suunnitellaan, voidaan samalla määrittää sen valmistukselle, kokoonpanolle, testaukselle ja työkaluille kohdistuvat vaatimukset. Tämän jälkeen on paljon yksinkertaisempaa suunnitella loppukokoonpanolinja, jossa tuote valmistetaan.
- *Yksinkertaisemmat tuotteet.* DfA-menetelmään pohjautuva modulaarinen strategia ja standardiosien käyttö aina kun mahdollista tekee tuotteesta yksinkertaisemman. Tämä vaikuttaa tuotantoon, kokoonpanoon ja muihin tekijöihin, kuten esimerkiksi luotettavuuteen, positiivisesti.
- *Suurempi kapasiteetti varioinnille.* Varioituvuuden mahdollistamien moduulien määrä on teoriassa rajaton, ja sitä kautta myös tuotevarianttien määrä.
- *Tuotteen joustavuus kasvaa.* Moduuleja voidaan korvata toisilla moduuleilla, jolloin voidaan saavuttaa helposti konfiguroitava tuote, joka muuttuu asiakasvaatimusten perusteella.
- *Osa/komponenttivaruaatioiden määrän väheneminen.* Modulaarinen rakenne mahdollistaa suuren määrän lopputuotteita pienestä määrästä moduuleja. Standardimoduulien käytöllä voidaan vähentää varastoitavien nimikkeiden määrää ja tarvittavia työkaluja.
- *Laadun kasvu.* Moduulit voidaan testata jo ennen loppukokoonpanoa, jolloin ne ovat helpommin ja nopeammin korjattavissa. Näin lopputuotteen laatu paranee.
- *Helpottaa kokoonpanoa.* Moduulit ovat yleensä sopivankokoisia ja robusteja, joten niitä on helppo käsitellä, eivätkä ne tarvitse säätöä loppukokoonpanossa. Myös niiden liitynnät on yleensä suunniteltu yksinkertaisiksi.
- *Myöhäinen variointi.* Modulaarisuus sallii tuotekohtaisen moduulien kokoonpanon vasta linjan loppupäässä, jolloin toimitusaika lyhenee.

- *Yksinkertaisemmat muutokset tuotteeseen tai valmistukseen.* Muutokset kohdistuvat yleensä yhteen moduuliin tai valmistuksen osa-alueeseen, jolloin ei tarvita uudelleen suunnittelua koko tuotteeseen tai valmistukseen.
- *Voi vähentää nimikkeiden määrää.* Modulaarisuus luo mahdollisuudet käyttää esimerkiksi DfA tekniikoita osien määrän vähentämiseen.
- *Voi vähentää osavariaatioita.* Standardointi ja sitä kautta osien määrän väheneminen on tärkeä osa modulaarisuutta.
- *Valmistuskustannusten aleneminen.* Valmistuskustannuksia voidaan laskea moduulien rinnakkaisvalmistuksella, paremmalla tehokkuudella ja laadulla tai suuremmilla tuotantomäärillä.
- *Tarvittavien työkalujen määrä vähenee.* Osavariaatioiden määrän väheneminen tarkoittaa myös tarvittavien työkalujen määrän vähenemistä.
- *Auttaa JIT-konseptin käytössä.* Modulaarisuus sallii ostettavien itsenäisten moduulien käytön, joka puolestaan sallii JIT-konseptin käytön.
- *Edesauttaa kevyttä tuotantorakennetta.* Tuotannossa olevien osien määrä vähenee ja moduuleja voidaan valmistaa rinnakkain, lisäksi varastoitavien nimikkeiden määrä vähenee.
- *Testauskulut pienenevät.* Moduulien testaaminen on nopeampaa, helpompaa ja luotettavampaa.
- *Nopea palaute laadusta.* Laatu tieto on nopeata kerätä ja käsitellä moduulivalmistuksesta, tällöin ongelmien kohdentaminen on myös helpompaa.
- *Kasvattaa valmistuksen joustavuutta.* Joustavuus kasvaa lähinnä moduulien rinnakkaisvalmistuksesta johtuen, mutta myös sitä kautta, että yhdellä tuotantolinjalla voidaan tehdä monia eri variaatioita yhtä aikaa.
- *Ostettavat moduulit.* Standardimoduuleja voidaan ostaa suoraan alihankkijalta testattuina ja kokoonpanovalmiina, jolloin saavutetaan säästöä asennus-, käsittely- ja laaduntarkistuskustannuksissa.
- *Tasainen laatu.* Kyky testata moduuleja itsenäisinä yksiköinä antaa korkean luotettavuuden tason ja sallii vikojen helpomman ja tehokkaamman paikallistamisen.
- *Parantaa valmistustehokkuutta.* Koska yhdellä linjalla voidaan valmistaa monia eri tuotteita, voidaan sen käyttö maksimoida. Koska moduulien testaus on tehty ennen pääkokoonpanolinjaa, on loppukokoonpano mahdollisimman nopea ja tehokas.
- *Uudelleenvalmistus vähenee.* Konfiguroinnilla ja esitestattujen moduulien käytöllä pitäisi tuotteen olla kerralla oikeanlainen ja luotettava.
- *Huollon helpottuminen.* Modulaarisella tuotteella on hyvä osien luoksepäästävyys, ja yksittäisten yksiköiden irrotus huoltoa tai vaihtoa varten, on helpompaa.
- *Materiaalikulujen väheneminen.* Osien standardoinnilla ja näin osien määrän pienentämisellä saavutetaan säästöjä materiaalikuluissa.

- *Sallii helpomman projektienhallinnan.* Projekti voidaan jakaa luonnollisella tavalla pienempiin helpommin hallittaviin osiin. Tämä mahdollistaa myös rinnakkaissuunnittelun, jolloin esimerkiksi liityntäpintojen ongelmat voidaan käsitellä heti.
- *Varastoitavien nimikkeiden määrä vähenee.* Standardimoduulien käyttö vähentää varastoitavien nimikkeiden määrää.
- *Sallii automaation lisäämisen.* Modulaarisuus yksinkertaistaa kokoonpanoa ja keskittää samanlaiset toiminnot yhdelle alueelle, nämä puolestaan luovat mahdollisuudet automaation lisäämiselle.
- *Purkamisen helpottuminen.* Modulaarisen tuotteen elinkaaren lopussa se voidaan helposti purkaa sopiviin osiin esimerkiksi kierrätyksen kannalta.

Haitat valmistuksen näkökulmasta:

- *Voi kasvattaa osien määrää.* Osien moninkertaistaminen voi olla tarpeen, jotta moduulit säilyttäisivät itsenäisen luonteensa. Esimerkiksi rajapinnoissa voidaan tarvita liittimiä, joita ei integraalisessa tuotteessa tarvita.
- *Rajapintojen määrittely.* Rajapintojen tulee olla tarkasti määriteltyjä, jotta moduulien yhdisteleminen on mahdollista.
- *Työmäärän ja kustannusten painottuminen prosessin alkuun.* Modulaarisuudessa suuri osa kustannuksista painottuu prosessin alkupäähän, ja tämä voi aiheuttaa vastustusta projektiin ryhtymisessä.
- *Määrittely ongelmat.* Tuotteen jako sopiviin moduuleihin ja rajapintojen määrittely voi olla hyvinkin hankalaa. Korostuu erityisesti tuotteissa, joissa on paljon sisäisiä kytkentöjä.
- *Tarkan implementointimetodin puuttuminen.* Tällä hetkellä ei ole olemassa tarkkaa ja kattavaa metodia modulaarisuuden käyttöönottoon. Se on vielä (enemmän tai vähemmän) konseptiasteella. Tämä voi pelottaa monia, jotka haluaisivat hyödyntää modulaarisuuden etuja.
- *Totuttelua vaativa työtap.* Vaikka modulaarinen suunnittelu onkin luonnollinen tapa, on se uusi monille suunnittelijoille ja vaatii totuttautumista.

Edut liikkeenjohdon näkökulmasta:

- *Parempi tuote.* Yhdistelmä mainituista tekijöistä tekee tuotteesta paremman.
- *Asiakastytyväisyyden kasvu.* Tuotteet ovat laadukkaampia, konfiguroituja tiettyä asiakastarvetta vastaaviksi, ja niitä voidaan päivittää elinkaaren aikana. Ne ovat myös kustannusrakenteeltaan tehokkaampia ja helpommin huollettavissa.
- *Ryhmittää varioituvuuden hallittavalle monimutkaisuuden tasolle.* Tuotevariaatiot voidaan jakaa pienempiin ja paremmin hallittaviin osiin.

Näin voidaan välttää yksittäiset ja monimutkaiset tuotteet ja suosia standardituotteita sopivilla lisäosilla.

- *Tuotteen ja prosessin yhtäaikainen suunnittelu.* Kun moduulia suunnitellaan, voidaan samalla määrittää sen valmistukselle, kokoonpanolle, testaukselle ja työkaluille kohdistuvat vaatimukset. Tämän jälkeen on paljon yksinkertaisempaa suunnitella loppukokoonpanolinja, jossa tuote valmistetaan.
- *Tuotteen saaminen markkinoille nopeutuu.* Kokonaistuotekehitysaika, valmistusaika, kokoonpanoaika ja testausaika pienenevät.
- *Suurempi kapasiteetti varioinnille.* Varioituvuuden mahdollistamien moduulien määrä on teoriassa rajaton, ja sitä kautta myös tuotevarianttien määrä.
- *Tuotteen joustavuus kasvaa.* Moduuleja voidaan korvata toisilla moduuleilla, jolloin voidaan saavuttaa helposti konfiguroitava tuote, joka muuttuu asiakasvaatimusten perusteella.
- *Osa/komponenttivarიაatioiden määrän väheneminen.* Modulaarinen rakenne mahdollistaa suuren määrän lopputuotteita pienestä määrästä moduuleja. Standardimoduulien käytöllä voidaan vähentää varastoitavien nimikkeiden määrää ja tarvittavia työkaluja.
- *Auttaa JIT-konseptin käytössä.* Modulaarisuus sallii ostettavien itsenäisten moduulien käytön, joka puolestaan sallii JIT-konseptin käytön.
- *Helpottaa tuotesuunnittelua ja sen hallintaa.* Tuotesuunnitteluprosessi on yksinkertaisempi, kun keskitytään yksittäisiin moduuleihin eikä koko tuotteeseen kerralla. Muutokset suunnittelun edetessä eivät haittaa koko suunnitteluprosessia, koska ne kohdistuvat yleensä vain tiettyyn moduuliin.
- *Sopii lähes kaikkiin tuotteisiin ja palveluihin.* Lähes kaikki tuotteet ja palvelut voivat saavuttaa hyötyjä modulaarisuudesta.
- *Edesauttaa kevyttä tuotantorakennetta.* Tuotannossa olevien osien määrä vähenee ja moduuleja voidaan valmistaa rinnakkain, lisäksi varastoitavien nimikkeiden määrä vähenee.
- *Ostettavat moduulit.* Standardimoduuleja voidaan ostaa suoraan alihankkijalta testattuina ja kokoonpanovalmiina, jolloin saavutetaan säästöä asennus-, käsittely- ja laaduntarkistuskustannuksissa.
- *Yksinkertaisempi tuotesuunnittelu.* Tuotesuunnittelu yksinkertaistuu standardimoduulien käytöllä, koska se vähentää eri tuotevariaatioiden välisiä muutoksia.
- *Yksinkertaisempi suunnittelu.* On mahdollista yksinkertaistaa suunnittelua suunnittelemalla vain pääkokoonpano. Eri moduulit tehdään kanban-systeemin avulla.
- *Sallii helpomman projektienhallinnan.* Projekti voidaan jakaa luonnollisella tavalla pienempiin helpommin hallittaviin osiin. Tämä mahdollistaa myös

rinnakkaissuunnittelun, jolloin esimerkiksi liityntäpintojen ongelmat voidaan käsitellä heti.

- *Varastoitavien nimikkeiden määrä vähenee.* Standardimoduulien käyttö vähentää varastoitavien nimikkeiden määrää.
- *Tarpeellisen tuotantopinta-alan määrä vähenee.* Tarvittava tuotantopinta-ala vähenee organisoidumman valmistuksen, moduulien rinnakkaisvalmistuksen ja moduulien valmistuksen ja testauksen yhdistämisen kautta. JIT-konsepti ja ostomoduulit vähentävät varastotilan tarvetta.
- *Tuotantotilojen parempi käyttöaste.* Kun moduulit valmistetaan, kootaan ja testataan yhdessä ja samassa yksikössä, vähenee osien ja alikokoonpanojen kuljetustarve eri yksiköiden välillä.
- *Työssä viihtyminen paranee.* Tuotantotilat voidaan järjestellä eri tavoilla eri moduulituotantoyksiköissä. Työnkuvaa ja vastuita voidaan vaihdella. Tämä myös edistää tiimityöskentelyä.
- *Numerointitarve vähenee.* Kaikkien tuotteiden koodaukseen omille numeroilleen pienenkin muutoksen jälkeen aiheuttamia ongelmia voidaan vähentää moduulien käytöllä.

Haitat liikkeenjohdon näkökulmasta:

- *Työmäärän ja kustannusten painottuminen prosessin alkuun.* Modulaarisuudessa suuri osa kustannuksista painottuu prosessin alkupäähän ja tämä voi aiheuttaa vastustusta projektiin ryhtymisessä.
- *Toimintatapojen muutoksen hallinta.* Monille yrityksille uuden metodin käyttöönotto ja sen mukanaan tuomat uudet toimintatavat poikkeavat usein nykyisistä. Tämän muutoksen hallinta onkin erityisen tärkeää uuden metodin käyttöönoton onnistumiselle.
- *Tarkan implementointimetodin puuttuminen.* Tällä hetkellä ei ole olemassa tarkkaa ja kattavaa metodia modulaarisuuden käyttöönottoon. Se on vielä (enemmän tai vähemmän) konseptiasteella. Tämä voi pelottaa monia, jotka haluaisivat hyödyntää modulaarisuuden etuja.
- *Laaduntarkkailun määrän kasvu.* Kaikki moduulit täytyy testata kokonaisuudessaan valmistuksen jälkeen, erityisesti moduulien rajapinnat. Tällöin laadunvarmistuksen kulut kasvavat.
- *Spesifikaatioiden määrän kasvu.* Tuotespesifikaation lisäksi täytyy jokaisesta moduulista olla oma spesifikaationsa. Lisäksi kaikkien spesifikaatioiden täytyy olla hyvin yksityiskohtaisia, jolloin niiden hallintaan kohdistuvat vaatimukset lisääntyvät.
- *Totuttelua vaativa työtap.* Vaikka modulaarinen suunnittelu onkin luonnollinen tapa, on se uusi monille suunnittelijoille ja vaatii totuttautumista.



# LIITE 2: RAKENNEMUUTOKSET 2007-2009

MUUTOS	SELITYS1	SELITYS2	SELITYS3
307004	RUIKUTUSPUMPUN VAIHTO		
307005	IMUSARJAN JATKOPUTKI		
307008	OSAMUUTOS	3 MM ALUSLEVYN LISÄYS	
307010	JOHTOSARJAN TUKI	KIINNITYSOSAMUUTOS	
307012	LÄMMITINMUUTOS	750W -> 1100W	
307015	KOOSTEMUUTOS	LISÄTÄÄN VESIPUMPUN KOOSTEeseen	TULPPA JA TIIVISTE
307021	KULMALIITTIMEN LISÄYS		
307026	MOOTTORINLÄMMITIN	1100W -> 750W	
307028	VENTTIILISILTA MUUTETTU	UUSI KOOSTE	
307029	VENTTIILISILTA MUUTETTU	UUSI KOOSTE	
307030	VEDEN PALUUPUTKI VAIHDETTU		
307031	POLTTOAINELIITTIMEN LISÄYS		
307033	LISÄTTY LETKULIITIN		
307040	VIVUSTON KANNEN VAIHTO		
307041	POISTOSARJA	SIMO	
307042	MITTATIKUN PUTKI		
307048	LIITTIMEN VAIHTO		
307049	OSALUETTELOKORJAUS		
307051	HIHNANKIRISTINLEVY	HITSATUT VÄLIKAPPALEET	
307052	ECU:N LIITTIMEN KUMISUOJA		
307053	VÄLIPALA MUUTOS	LATURINTELINE KOOSTEeseen	
307054	HIHNANKIRISTINLEVY	HITSATUT VÄLIKAPPALEET	
307055	OSAMUUTOS STARTTI 3 KW	3-4 SYL	
307056	OSAMUUTOS STARTTI 12V,4,2 KW	6-SYL.MOOTTORIT	
307058	VIVUSTONKANSIMUUTOS		
307059	PROTOKATSELMUKSEN MUKAISET	KORJAUKSET OSALUETTELOON	KEKOKENTTÄ MUUTOS VAARNOJEN OSALTA
307060	TELINEN KIRISTINPYÖRÄLLE	HITSATUT VÄLIKAPPALEET	
307061	GENERAATTORIN ASENNUS KOOSTE MUUTOS	ISKRA 12V/95A	
307062	OSALUETTELOON KORJAUSTA	KEKOKENTTÄ MUUTOS KANNEN VAARNOJEN	OSALTA
307078	OSAMUUTOKSIA	ONTELORUUVIT KOLORUUVIKSI	
307079	OSAMUUTOKSIA	ONTELORUUVI KOLORUUVIKSI	
307087	OSAMUUTOS	NAPAKPL. KAMPIAKS.4-SYL CR.	
307096	GENERAATTORI		
307100	OSAMUUTOS	HIHNANKIRISTINLEVY HITS.STEYR	
307101	RUNKOLAAKERIMUUTOS	RYHMÄ+KAMPIAKSELI+PÄÄLAAKERIT	
307111	JOUSISOKAN LISÄYS		
307117	VENTTIILISILTA MUUTETTU	UUSI KOOSTE	
307118	VENTTIILISILTA MUUTETTU	UUSI KOOSTE	
307119	VENTTIILISILTA MUUTETTU		
307121	AHTIMEN VAIHTO		
307131	VIVUSTON KANNEN VAIHTO		
307132	OSAMUUTOS	KUMIPUTKI 28181>>>19992	
307133	AHDIN		
307134	VIVUSTONKANNEN VAIHTO		
307135	VIVUSTONKANNEN VAIHTO		
307136	HUOHOTINLETKUKOOSTEEN VAIHTO		
307137	VIVUSTONKANNEN VAIHTO		
307138	VIVUSTONKANNEN VAIHTO		
307139	HUOHOTINLETKUKOOSTEEN VAIHTO		
307140	HUOHOTINLETKUKOOSTEEN VAIHTO		
307141	HUOHOTINLETKUKOOSTEEN VAIHTO		
307142	HUOHOTINLETKUKOOSTEEN VAIHTO		
307143	VENTTIILIKANSIMUUTOS		
307144	VENTTIILIKANSI VAIHDETTU		
307145	VENTTIILIKANNEN VAIHTO		
307146	VENTTIILIKANNEN VAIHTO		
307147	VENTTIILIKANSIMUUTOS		
307148	VENTTIILIKANNEN VAIHTO		
307149	VENTTIILIKANNEN VAIHTO		
307150	HUOHOTUSLETKUMUUTOS		
307151	ET-OSAMUUTOS		
307157	LÄMPÖTILA-ANTURI	LISÄTTY	
307158	GENERAATTORIN TELINEET VAIHDETTU	HITSATUT VÄLIKAPPALEET	
307160	GENERAATTORIN TELINEET VAIHDETTU	HITSATUT VÄLIPALAT	
307163	KUMIPUTKI	LISÄTTY	
307170	HIHNANKIRISTIMEN VAIHTO		
307172	SYLINTERIKANSI 2XTULPATTU		
307177	HIHNANKIRISTIMEN VAIHTO		
307183	OSAMUUTOS	KIILAHIHNA L=900>>>L=918	
307184	VESIPUMPPU MUUTETTU		
307186	HIHNANKIRISTIN		
307188	ILMAUSLIITTIMEN VAIHTO		
307189	HIHNAPYÖRÄKOOSTEEN VAIHTO		
307192	KUMIKÄYRA		
307193	VÄLIPALAT		
307194	PA.EEN PALUULIITIN		
307195	KANSIKOOSTEET	VAIHDETTU. VENT.VARREN TIIV.	
307205	OSAMUUTOKSIA	ÖLJYPUMPPU 4-SYL.O-RENK. I=1,3	
307206	OSAMUUTOKSIA	ÖLJYPUMPPU 3-SYL.O-RENK.I=1,08	
307207	KUMIVAIMENNINPYÖRÄ	KAMPIAKSELILLE, N141	
307208	TUKIRENKAAN LISÄYS		
307209	TUKIRENKAAN LISÄYS		
307210	VÄLIPALAMUUTOS		
307211	PUTKI HP. KOTELOON VAIHDETTU		
307217	HP.KOTELO		
307220	TIIVISTEKUMIT		
307221	TIIV.KUMIT, VENTTIILIKONEISTO		
307222	OHJAINKUMIT		
307223	CPI:H:N MUTTERIN VAIHTO		
307225	GATES-HIHNANKIRISTIN	T-SARJAAN	
307226	GATES-HIHNANKIRISTIN	VAIHDETTU DAYCON TILALLE	
307227	GATES-HIHNANKIRISTIN	N91: EEN	
307230	OHJAINKUMIN VAIHTO		
307231	OHJAINKUMIN VAIHTO		
307233	VISKO VAIMENTAJA MUUTETTU	230->270	
307234	OSAMUUTOS	ÖLJYPUMPPU O-RENK. 4-SY.I=1,08	
307235	VAUHTIPYÖRÄ MUUTETTU		
307236	NAPAKAPPALE	VAIHDETTU	
307237	VAUHTIPYÖRÄ MUUTETTU	ILMAN VÄLIRENGASTA	
307238	RUNKOLAAKERIMUUTOS	KOOSTEMUUTOS	
307242	TUEN LISÄYS		
307247	TIIVISTEIDEN LISÄYS		
307254	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307258	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		

307259	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307260	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307262	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307263	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307264	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307265	MOOTTORIKORVAKKEEN LISÄYS		
307267	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307271	SOKAN POISTO		
307274	GENERAATTORIN TELINE	HITSATUT VÄLIKAPPALEET	
307275	GENERAATTORIN ASENNUSKOOSTE	VAIHDETTU T-SARJAAN	
307277	POLTTOAINELIITTIMEN VAIHTO		
307279	POLTTOAINELIITTIMEN VAIHTO		
307280	POLTTOAINELIITTIMIEN VAIHTO		
307281	AJON.LIITINJOHTOSARJAN TUEN LISÄYS		
307282	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307283	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307285	TERMOSTAATTIPESÄ VAHDETTU	LÄMPÖTILA-ANTURI LISÄTTY	
307286	VAUHTIPYÖRÄKOTELO	VAHDETTU	
307287	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307288	SYLINTERIKANNET VARREN KUMEILLA		
307292	HYDRAULIPUMPUN VAIHTO		
307293	ÖLJYSUODIN		
307298	KOOSTEMUUTOS	GATESIN KIRISTIN CNH:N MOOTTOREIHIN	DAYCON TILALLE
307299	HIHNAPYÖRÄT		
307305	JOHTORAUDAN VAIHTO		
307307	HUOHOTUSLETKUN VAIHTO		
307308	PTO: PEITEKANSI JA TIIVISTE		
307310	KÄYTTÖLAITTEEN VOITELUPUTKI	VAHDETTU	
307311	ESISUODIN		
307317	AHDIN, SÄÄDETTY PUMPPU		
307320	PÄIVITYS		
307322	VAUHTIPYÖRÄMUUTOS		
307324	HUOHOTINLETKU	VAHDETTU	
307326	HUOHOTINLETKU	VAHDETTU	
307327	POISTOSARJAN	SÄTEILYSUOJA LISÄTTY	
307331	MITTATIKUN VAIHTO		
307338	OSAMUUTOS	KP.KAPEE VÄLIPYÖRÄ MEK.3-JA 6 SYL.	
307339	OSAMUUTOKSIA	KP.KAPEE VÄLIPYÖRÄ MEKAANINEN 4-SYL	
307340	OSAMUUTOKSIA	VÄLHAMMASPYÖRÄ KAPEE KOOSTE>KP.	
307341	OSAMUUTOKSIA	VÄLIPYÖRÄ LEVEE CR KOOSTE>KP.	
307342	OSAMUUTOKSIA	VÄLIPYÖRÄ LEVEE MEK.KOOSTE>KP.	
307343	OSAMUUTOKSIA	VÄLIPYÖRÄ LEVEE MEK.ERIL.KOOTUKSI	
307344	PUTKIMUUTOS	ÖLJYPUMPUN IMUPUTKEN VAIHTO	
307345	KÄYNNISTIN (PARANNETTU SOLENOIDI)		
307346	KÄYNNISTIN (PARANNETTU SOLENOIDI)		
307347	KÄYNNISTIN (PARANNETTU SOLENOIDI)		
307348	KÄYNNISTIN (PARANNETTU SOLENOIDI)		
307349	KÄYNNISTIN (PARANNETTU SOLENOIDI)		
307350	ESISUODATIN LASIPOHJALLA		
307353	VESIPUMPPU MUUTETTU		
307354	SYLINTERIPUTKI O-RENKAILLA		
307355	SYLINTERIPUTKI O-RENKAILLA		
307356	SYLINTERIPUTKI O-RENKAILLA		
307357	SYLINTERIPUTKI O-RENKAILLA		
307358	SYLINTERIPUTKI O-RENKAILLA		
307360	HIHNANKIRISTIN MUUTOS	CNH:N 44DT MOOTTORIT	
307361	GENERAATTORI 12V/150A ISKRA->BOSCH		
307362	GENERAATTORI 12V/150A ISKRA->BOSCH		
307367	JOHTORAUDAN VAIHTO		
307379	TIIVISTEET KAIKISSA OHJAIMISSA		
307380	TIIVISTEET KAIKISSA OHJAIMISSA.		
307392	VÄLHP KOKOONPANOKSI		
307394	MÄNTÄ MUUTETTU CITIUS 2		
307398	IMUSARJA VAHDETTU		
307399	VESIPUMPPU		
307404	RUUVIMUUTOS		
307405	RUISKUTUSPUMPUN	SOVITELEVYN KOOSTE VAHDETTU	
307406	KOTELOT		
307407	LÄMPÖTILAKYTKIMEN	JOHTOSARJA POISTETTU	
307408	VP-KOTELO VAHDETTU	IMUPUTKEN SUUNTA KÄÄNNETTY	
307409	VP-KOTELO VAHDETTU	IMUPUTKEN SUUNTA KÄÄNNETTY	
307410	VP-KOTELO VAHDETTU	IMUPUTKEN SUUNTA KÄÄNNETTY	
307411	KIILAHINNEN VAIHTO		
307413	VAUHTIPYÖRÄKOTELON MUUTOS		
307414	LETKUN VAIHTO		
307415	SYL. RYHMÄN KOOSTEMUUTOS	CNH 44 DTA TIER III	
307417	VIVUSTON KANSIMUUTOS	CNH 44 DTA	
307418	MÄNNÄN VAIHTO	CNH:N 44 DTA	
307419	POLTTOAINEPUTKI VAHDETTU	JA LIITTYVÄT OSAT	
307421	KORKEAPAINEPUTKIEN POISTO		
307422	KORKEAPAINEPUTKIEN POISTO		
307423	KORKEAPAINEPUTKIEN POISTO		
307425	ID-MODUULIN KIINNITYS		
307426	ID-MODUULIN KIINNITYS		
307427	ID-MODUULIN KIINNITYS		
307429	MAALIMUUTOS		
307430	MAALIMUUTOS		
307431	MAALIMUUTOS		
307434	KIERRELIITIN	LISÄTTY	
307435	IMUPUTKI MUUTETAAN ASIAKKAAN TOIVE		
307438	LISÄTÄÄN NAPA-KPL JA KIIL.HIHN.PYÖRÄ		
307443	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307453	SYLINTERIKANSI VARREN KUMEILLA		
307457	KUUSIOKOLORUUVIT	SYLITERIKANNEN SULKULAIPPOIHIN	
307458	ÖLJYPUMPUN KÄYTTÖPYÖRÄ MUUTETTU		
307459	HYDR.PUMPPU JA LÄMMITIN		
307462	YLIVUOTOPUTKEN VAIHTO		
307463	YLIVUOTOPUTKEN VAIHTO		
307467	KIINNITYSKAPPALE GENERAATTORILLE	LISÄTTY	
307468	SYL. RYHMÄ MUUTETTU	SAKSALAINEN VALU	
307469	TUULETTIMEN VÄLITYS	MUUTETTU	
307471	PUTKIKIINNIKEMUUTOS		
307472	SYLINTERIRYHMÄ MUUTETTU	SAKSAN RYHMÄ	
307473	RUUVIMUUTOS		
307474	SUODATINTELINEN VÄLIKAPPALEMUUTOS		
307475	KUUSIOKOLORUUVIT	LÄMPÖSÄTEILYSUOJAAN	
307476	KAMPIAKSELI MUUTETTU.	LIS. Ø52 TULPPA POTEROON	
307477	KAMPIAKSELI MUUTETTU		
307478	KAMPIAKSELI MUUTETTU		
307479	RUUVIMUUTOS		
307480	KAMPIAKSELI MUUTETTU		
307481	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307482	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307483	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307484	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307485	CITIUS 2		
307486	VAARNAMUUTOS		
307487	SYÖTTÖJOHTO LISÄTTY	44 VE-PUMPUN KSB:LLE	
307488	TAIPUISA PUTKI	VAHDETTU LYHYEMPÄÄN	
307489	KOLORUUVIMUUTOS		
307490	KOLORUUVIMUUTOS		
307491	LDA-LETKUMUUTOS		
307492	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307493	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		

307494	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307495	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307496	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307497	NIMIKKEEN PÄIVITYS C2:KSI		
307498	ETUPÄÄN AKSELITIIVISTE	MATERIAALIKSI VAIHDettu VITON	
307499	ETUPÄÄN AKSELITIIVISTE	MATERIAALIKSI VITON	
307505	LÄMMÖNVAIHDIN, RAAKAVESIPUMPPU		
307510	IMUSARJAN VÄLIPALAT		
307511	NELJÖMUTTERIT	ÖLJYPOHJAN KIINNITYKSEEN	
307512	POLTTOAINEEN PALUULETKUMUUTOS		
307513	AHTIMEN PALUUÖLJYPUTKEN MUUTOS		
307514	NELJÖMUTTERIT	ÖLJYPOHJAN KIINNITYKSEEN	
307515	NELJÖMUTTERIT	ÖLJYPOHJAN KIINNITYKSEEN	
307516	NELJÖMUTTERIT	ÖLJYPOHJAN KIINNITYKSEEN	
307518	HUOHOTUSLETKUN VAIHTO		
307520	AHTOPUTKEN POISTO	CNH:N 44 DTA	TIERIII PÄIVITYS
307521	AHT:N ÖLJYPUTKET		
307522	SUODATINMUUTOS	POLTTOAINESUODATTIMET	CNH 44 DTA, TIER3 PÄIVITYS.
307523	L=40 MUTTERIT SUOTIMEN	TELINEEN KIINNITYKSEEN	
307524	L=40 MUTTERIT SUOTIMEN	TELINEEN KIINNITYKSEEN	
307526	ÖLJYNTÄYTÖPUTKEN VAIHTO		
307527	ÖLJYNTÄYTÖPUTKEN VAIHTO		
307528	SYLINTERIKANNEN KOOSTE	JOHTOSARJAN TUENTA MUUTTU	
307529	GRILLIN SOLENOIDI	VAIHDettu TYCOKSI T170 BLUE	
307533	JOUSIKIRISTIN		
307537	KANNENRUUVI	2 RUUVIA MUUTETTU YHDEKSI	
307538	KANNENRUUVI	2 RUUVIA MUUTETTU YHDEKSI	
307539	KANNENRUUVI	2 RUUVIA MUUTETTU YHDEKSI	
307540	ECU:N VAIHTO		
307541	ECU:N VAIHTO		
307542	ECU:N VAIHTO		
307543	ECU:N VAIHTO		
307544	ECU:N VAIHTO		
307545	ECU:N VAIHTO		
307546	KANNENRUUVI	2 RUUVIA MUUTETTU YHDEKSI	
307548	KANNENRUUVI	2 RUUVIA MUUTETTU YHDEKSI SAMAKSI	
307549	LETKUMUUTOS	HUOHOTINLETKUN LISÄYS LUETTELOON	
307550	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	
307551	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	
307552	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	
307557	KAASUVIVUN PALAUTINJOUSEN	TELINELISÄTTY	
307558	KANNET		
307559	SYL.KANSI		
307560	KAASUVAIJERIN TELINE	POISTETTU	
307561	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETÄÄN SAMAKSI	
307565	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	
307566	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY SAMAKSI	
307567	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	
307568	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTÄMINEN YHDEKSI	
307569	STARTTI VAIHDettu		
307570	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	N121,N141
307572	KANNENRUUVI	2 RUUVIA YHDISTETTY YHDEKSI	
307573	KANNENRUUVI.KOOS10167	2 RUUVI YHDISTETTY YHDEKSI	
307574	KANNENRUUVI.KOOS10264	2 RUUVI YHDISTETTY SAMAKSI	
307575	PA:EEN IMUPUTKI		
307576	PA:EEN IMUPUTKI		
307577	KAASUVAIJERIN TELINE	PALAUTETTU	
307578	MÄNTIEN STANDARDISOINTI	33 MEKAANISET	
307579	MÄNTIEN STANDARDISOINTI	44 MEKAANISET	
307580	PÄITÄISLAAKERIT MUUT. YHDISTELMÄÄN		
307586	ECUN JA MÄNTIEN VAIHTO		
307587	ECUN JA MÄNTIEN VAIHTO		
307588	ECUN JA MÄNTIEN VAIHTO		
307589	MÄNTIEN VAIHTO		
308001	PYSÄYTYSSOLENOIDI LISÄTTY	T171 C BLUE	
308002	HP.KOTELO		
308004	VESIPUMPUN JA HIHNAPYÖRÄN MUUTOS		
308005	VAARNA- JA RUUVIMUUTOS		
308011	STARTTI PALAUTETTU	4,2->3 KW	N121,N141
308012	TUULETTIMEN KYTKENTÄLAIPPA	VAIHDettu	
308013	TUULETTIMEN KIERRELIITIN	VAIHDettu	
308014	ÖLJYPUMPPU	KORJAUS MUUTOKSEEN 307205	
308015	ÖLJYPUMPPU	KORJAUS MUUTOKSEEN 307206	
308018	ETUPÄÄN AKSELITIIVISTE	MATERIAALIKSI VITON	STEYR 44 TIER3
308019	ETUPÄÄN AKSELITIIVISTE	MATERIAALIKSI VITON	STEYR 66 CTA
308020	SYL.KANSI		
308022	GENER:N MALLIMUUTOS		
308023	SYLINTERIKANNEN VAARNAN	JATKO-OSA VAIHDettu M12->M16	
308024	UUDET VENTTIILIOUSET		
308025	UUDET VENTTIILIOUSET		
308031	VAUHTIPYÖRÄN RUUVIEN VAIHTO		
308032	L=40 MUTTERIT SUOTIMEN	TELINEEN KIINNITYKSEEN	
308034	AHTIMEN KESKIÖ SIIRRETTY	R.PUTKISARJA JA SOL. TELIN. VAHD.	T131,T171 BLUE
308035	ETUPÄÄN AKSELITIIVISTE	MATERIAALIKSI VITON	VALTRA A72-N92
308040	KURISTUSONTELORUUVIN LISÄYS		
308041	SYLINTERIKANSIKOOSTE	SUUTINJOHTOSARJAN TUKI POIS	
308042	SUUTINJOHTOSARJAN TUKI POIS		
308053	TUULETTIMEN VAIHTO		
308057	VÄLIKAPPALEIDEN LISÄYS		
308058	JOHTOSARJATELINEMUUTOS		
308065	KANNENRUUVI	2-RUUVIA YHDISTETÄÄN SAMAKSI	
308066	KANNENRUUVI	2-RUUVIA YHDISTETTY SAMAKSI	
308067	VESIPUMPPU, TUULETIN,	GENERAATTORI VAIHDettu	T BLUE-LUETTELOIHIN
308069	LETKULIITTIMEN LISÄYS		
308070	TAIPUISAN PUTKEN VAIHTO		
308073	TERMOSTAATTIPESÄN KANNEN VAIHTO		
308074	VAARNAMUUTOS		
308076	P2 PÄIVITYKSIÄ		
308078	ÖLJYPOHJA VAIHDettu	T-SARJAAN	
308079	AKSELITIIVISTEEN VAIHTO		
308080	ETUPÄÄN AKSELITIIVISTEEN VAIHTO		
308081	ONTELORUUVIN VAIHTO (1KPL)		
308082	ONTELORUUVIN VAIHTO (2KPL)		
308083	ONTELORUUVIN VAIHTO (3KPL)		
308088	TAIPUISA PUTKI	SUUTIN-PUMPPU VAIHDettu	440->570
308089	ÖLJYPOHJAN VAIHTO		
308090	OSALUETTELOON KORJAUS		
308093	MUTTERI- JA ALUSLEVYLISÄYS		
308097	RUUVIMUUTOS		
308104	HUOHOTUSLETKUN POISTO		
308107	ÖLJYPUMPUN IMUPUTKI	VAIHDettu T-SARJAAN	
308111	RUUVIMUUTOS		
308120	GRILLIN VIRTALJOHDON VAIHTO		
308121	PÄÄTESILMUKAN VAIHTO		
308122	TERM. PESÄN KANSI, SULKULAIPAT		
308124	KIRISTIMEN LEVY		
308125	LÄMPÖTILAKYTKIN VAIHDettu	35-C->55-C	HUNTER M2,M3
308126	LÄMPÖTILAKYTKIN VAIHDettu	35-C->55-C	VALTRA A72, A72L VLADIMIR T85
308127	LÄMPÖTILAKYTKIN VAIHDettu	35-C->55-C	HUNTER M4,M5
308128	LÄMPÖTILAKYTKIN VAIHDettu	35-C->55-C	VALTRA A82L, A92L
308129	SIIRTOPUMPPU		
308130	RUISK.PUMPUN HAMMASPYÖRÄ		
308137	NOSTOSILMUKAN JA JATKEEN MUUTOS		

308141	GENERAATTORIMUUTOS		
308148	PAKOSARJAN VAIHTO		
308155	SUOJATUT RUISK.PUTKET.		
308166	HIHNANKIRISTIN		
308167	VESIPUMPPU VAIHDETTU ->I=1,4	T162, T182, T202	
308171	OSALUETTELOKORJAUS		
308173	TAIPUISAN PUTKEN VAIHTO		
308174	SYLINTERIN KANNEN SULKULAIPPA	VAARNAT VAIHDETTU	
308175	TEHOMUUTOS. SÄÄDETTY ECU MUUTTUI		
308181	HIHNANKIRISTINLEVY	VAIHDETTU	
308182	POLTTOAINE LIITTIMET	HUOM! HYVÄKSYTÄÄN VASTA	MUUTOSPALAUVERISSA 26.8.08
308184	MONIURAHIIHMAN MUUTOS		
308187	NOSTOSILMUKKAMUUTOS	SILMUKOIDEN STANDARDISOINTI	CNH TIER3 44 DTA
308188	PYSÄYTYSMAGNETIN TANKO	VAIHDETTU LYHYEMP\N	
308189	TUULETIN POISTETTU	T-SARJA	
308190	TUULETIN POISTETTU	N-SARJA	
308191	TUULETIN POISTETTU	PIKKU-N JA A-SARJAN HYTTIMALLIT	
308192	TUULETIN POISTETTU	A-SARJAN AVOMALLIT	
308193	STARTTI VAIHDETTU 12 V->24 V	ENISEY 324/960	
308194	POISTOSARJAN KOKOONPANO		
308197	NOSTOKORVAKKEIDEN VAIHTO		
308200	VAUHTIPYÖRÄKOTELON JA VP-N VAIHTO		
308203	2-ONTELORUUVIN LISÄYS		
308205	VÄRÄHTELYNVAIMENNIN VAIHDETTU	T-SARJAN 66-MALLIT	
308207	ID-MODULIN VAIHTO		
308211	HIHNANKIRISTIN STR DAYCO => GATES		
308212	LRT SCR VESIPUTKEN LISÄYS		
308213	MF LRT EGR/TIER2 VESIPUMPUN TULPPA		
308221	VAARN.JATK. POISTO SRT1 JA SRT2		
308226	ETUVASTUKSEN VAIHTO		
308228	A/C-KOMPRESSORIN TELINEEN MUUTOS		
308232	SIIRTOPUMPUN LAMPÖSUOJAN LISÄÄMINEN		
308233	ÖLJYPUMPPU		
308234	NOSTOSILMUKKA-KIERREJATKO	M12->M16	HEMA A75-A95
308237	HIHNANKIR. MUUT. GATES => DAYCO		
308239	MF LRT VAARNAT SIIRTOP. KANTEEN		
308241	PÄIVITYS		
308242	PÄIVITYS		
308243	PÄIVITYS		
308244	PÄIVITYS		
308245	PÄIVITYS		
308246	KIERRETULPPAMUUTOS		
308247	KA-N JA KK-N VAIHTO "LUOKITUS" OS.		
308248	KA-N JA KK-N VAIHTO "LUOKITUS" OS.		
308249	KA-N JA KK-N VAIHTO "LUOKITUS" OS.		
308250	KA-N JA KK-N VAIHTO "LUOKITUS" OS.		
308251	KA-N JA KK-N VAIHTO "LUOKITUS" OS.		
308254	SAKSISOKAN LISÄYS		
308264	KUMIPUTKEN VAIHTO		
308265	PA-ANTURIT ET-OSIIN		
308266	PA-ANTURIT ET-OSIIN		
308268	VÄRINÄN VAIHTO		
308269	ANTUREIDEN LISÄYS		
308273	PÄIVITYS		
308274	ESISUODIN		
308275	ONTELORUUVI		
308276	ONTELORUUVI		
308277	ONTELORUUVI		
308279	AHTIMEN ÖLJYPUTKET VAIHDETTU	VALTRA N142	
308280	AHTIMEN ÖLJYPUTKET VAIHDETTU	VALTRA N141	
308281	GENERAATTORI VAIHDETTU	ISKRA 120A -> BOSCH 150A	VALTRA N122, N142
308282	NOSTOKORVAKE VAIHDETTU	NOSTOSILMUKAKSI	VALTRA N142
308283	VAARNAT POISTETTU	ÖLJYNPAINEVENTTIILIN KANSI	VALTRA N-SARJA
308288	VIPUKOPAN VAIHTO		
308289	4SYL. SYLINTERIRYHMÄN KOKOONPANO	VAIHDETTU AKTIIVISIIN KOOSTEISIIN	
308292	AHDIN		
308295	HIHNANKIRISTIMEN ALUSLEVY MF LRT		
308296	PAKOSARJAKOOSTEEN VAIHTO		
308297	MF SRT VESIP. HIHNAP. 1.3 -> 1.2		
308298	TERMOSTAATTI VESIPUTKEN VAIHTO	RYHMÄ KOOST. VAIHTO JA OSIEN LISÄYS	
308301	TUULETTIMEN VÄLITYS	MUUTETTU N122,142	
308302	GENERAATTORIN VAIHTO		
308303	OSALUETTELOPÄIVITYKSIÄ		
308304	RUISKUTUSPUMPPU		
308305	TEHO		
308306	VENTTIILIKOPPIEN KANNET		
308310	SUMUTTAMINEN ALUSLEVYN MUUTOS		
308311	SUMUTTAMINEN ALUSLEVYN MUUTOS		
308334	IMUSARJAN Y1-VAARNA PIT. 75->70	IMUSARJAN A1-VAARNA PIT. 70->75	VALTRA N101-N141
308335	IMUSARJAN Y1-VAARNA	PITUUS 75->70	VALTRA N122-N142
308336	IMUSARJAN Y1-VAARNA	PITUUS 75->70	4-SYL. A-SARJA JA PIKKU-N
308337	SYL.KANSI MUUTETTU TULPATTOMAKSI		
308338	SYL.KANSI MUUTETTU TULPATTOMAKSI		
308339	SYL.KANSI MUUTETTU TULPATTOMAKSI		
308340	SYL. KANSI MUUTETTU ILMAN TULPPAA	LIS. TULPPA	
308341	SYL. KANSI MUUTETTU ILMAN TULPPAA	LIS. TULPPA	
308342	SYL.KANSI MUUTETTU ILMAN TULPPAA	LIS. TULPPA	
308343	IMUSARJAN VAARNAMUUTOS		
308345	HEHKUTUSRELEEN POISTAMINEN		
308346	MÄNNÄT		
308347	POISTOSARJA VAIHDETTU	SIMO-MATERIAALISEKSI	
308349	STARTIN VAARNAT	25MM->30MM	T- JA PIKKU-N-SARJA
308350	LÄMMITTIMEN LISÄYS		
308351	LÄMMITTIMEN LISÄYS		
308352	LÄMMITTIMEN LISÄYS		
308354	VÄLIKAPPALE		
308355	VAARNARUUVIEN MUUTOS	M10X25 => M10X30	STARTIN KIINNITYS
308358	YLIVUOTOLETKU		
308359	PA-PUTKEN LISÄYS		
308361	PYS.MAGN.N TELINE		
308362	KIERREJATKOT	M12/M12 => M12/M16	
308363	KIERREJATKOT	M12/M12 => M12/M16	
308364	KIERREJATKOT	M12/M12 => M12/M16	
308365	NOSTOSILMUKAT JA KIERREJATKOT	M12 => M16, M12/M12 => M12/M16	
308366	SIIRTOPUMPUN PEITELEVYN	VAARNAT 25->30MM	N-SARJA
308368	SYL.KANSI MUUTETTU TULPATTOMAKSI		
308370	SYL.KANNEN SULKULAIPAN		
308371	DONUTIN VESIPUTKI JA	KOOSTE VAIHDETTU	
308372	SIVUKIERTOPUTKEN VAIHTO	KUMIPUTKI VAIHDETTU	
308373	DONUTIN VESIPUTKI JA		
308374	DONUTIN VESIPUTKI JA	KUMIPUTKI VAIHDETTU	
308375	DONUTIN VESIPUTKI JA	KUMIPUTKI VAIHDETTU	
308376	DONUTIN VESIPUTKI JA	KUMIPUTKI VAIHDETTU	
308377	DONUTIN VESIPUTKI JA	KUMIPUTKI VAIHDETTU	66,74 MEKAANISET
308378	TUULETTIMEN VÄLITYS	1,26->1,4	T172
308379	OSALUETTELOMUUTOS	TUULETIN, A/C-KOMPR. TELINE YMS.	CRYSTAL TRAKTOR 44CWA
308380	KOMPRESSORIKOOSTEEN VAIHTO		
308381	OSALUETTELOMUUTOS	TUULETIN, A/C-KOMPR. TELINE YMS.	CRYSTAL TRAKTOR 74CTA
308382	HIHNANKIRISTIN DAYCO=>GATES		
308383	TELINE-, RUUVI- YM. MUUTOKSIA		
308386	MF 4-SYL. P-SARJ. VAARNA, 130 POIS		
308392	TUULETIN POISTETTU	LOGMAN 66CTA, METSIS 49CWA, 66CTA	
308393	TUULETIN POISTETTU	PROFI FOREST 49CWA	
308394	TUULETIN POISTETTU	LOGMAN 49CWA-2V, 49CWA-4V	

308395	TUULETIN POISTETTU	LOGMAN 74CTA	
308406	RUISKUTUS PUMPPU VAIHDETTU		
309005	A/C- KOMPR. TELINE POISTETTU	SAMPO-ROSENLEW 44CTA	
309006	SAKSISOKKA LISÄTTY	CRYSTAL TRAKTOR 66, 74	
309007	VIKUROAN VAIHTO		
309008	ET-OSIEN SIIRTÄMINEN PÄÄLUETTELOON		
309009	ET-OSIEN SIIRTÄMINEN PÄÄLUETTELOON		
309010	IMUSARJAN VAARNARUVIMUUTOS		
309014	TUULETTIMEN POISTO		
309017	HIHNAPITUUS MUUTETTU	1680->1710	T162-T202
309021	HIHNAPITUUS MUUTETTU	1740->1755	N122-N142
309022	PAINEILMAKOMPRESSORIN LISÄÄMINEN		
309023	A/C-KOMPR. + TELINE VAIHDETTU	METSIS 49CWA	
309024	MF LRT POISTOSARJA 3-OSAISEKSI		
309028	POLTTOAINESUOTIMEN TELINE	VAIHDETTU	44,49 CR-2V
309029	POLTTOAINESUOTIMEN TELINE	VAIHDETTU	44,49 CR-2V
309030	POLTTOAINESUOTIMEN TELINE	VAIHDETTU	49 CR-4V
309039	VAUHTIPYÖRÄKATELO VAIHDETTU		
309040	PEITELEVYN POISTO		
309041	S200G AHT. PALUULÖJYPUTKI D12=>D18	MF 4-SYL / 49	
309048	POISTOSARJAN KOOSTE VAIHDETTU	PIDEMMÄT VAARNAT JA VÄLIKAPPALEET	VALTRA N
309049	TUULETIN POISTETTU	LOGSET 44CWA, 49CWA	
309053	SÄHKÖINEN SIIRTOPUMPPU		
309054	SÄHKÖINEN SIIRTOPUMPPU	LASIPOHJA LIS.	
309055	SÄHKÖINEN SIIRTOPUMPPU	LASIPOHJA LIS. MET.TULPPA POIST.	
309056	SUODINELEMENTIN LOGO		
309058	SÄHKÖINEN SIIRTOPUMPPU		
309059	SÄHKÖINEN SIIRTOPUMPPU		
309063	SÄHKÖINEN SIIRTOPUMPPU	LASIPOHJA LIS. MET. TULPPA POIST.	
309064	SUODINELEMENTIN PAINATUS		
309065	SUODINELEMENTIN PAINATUS		
309066	SUODINELEMENTIN PAINATUS		
309077	AHTIMEN ÖLJYPUTKET	VAIHDETTU	VALTRA N 49 CWA
309091	AHTIMEN ÖLJYPUTKIMUUTOS	49/S200G PALUUP. VAIHDETTU	LOGMAN, PROFIL, METSIS, YM.
309092	AHTIMEN ÖLJYPUTKIMUUTOS	49/S200G PALUUP. VAIHDETTU	
309096	KANNEN VAARNAN LISÄYS		
309108	OSALUETTELOPÄIVITYS	AHT. ÖLJYPUTKET KIINNITYSOSAT	CRYSTAL TRAKTOR 44CWA
309113	ILMASTOINTIKOMPR.TELINEEN POISTO		
309114	PAKOSARJATYYPIN VAIHTO		
309115	AHT.PUTKIEN MUUT. MF SRT VRT 309080		
309116	ETUVASTUS MUUTETTU (60GAL.HARJATON)		
309123	IMUSARJAN JATKOP. MUUTETTU	OSALUETTELO SARJAN MUKAISEKSI	KOMATSU 74CTA-4V
309150	A/C-KOMPR. KIILAHIHNA MUUTETTU	975 MM => 1075 MM	
309151	PAKOSARJAKOOSTEEN VAIHTO		
309161	HIHNANKIRISTIN DAYCO=>GATES MF SRT2		
309162	LIIMARUVIMUUTOS PELTIÖLJYPOHJIIN	(EI MUUTA RAKENTEITA)	
309171	VEDEN PALUUPUTKIMUUTOS	TYYPPI VAIHDETTU	
309181	P. AINEPUTKEN REITIN MUUTOS HUNTER		
309198	HIHNANK. DAYCO=>GATES GEN 2X24/100		
309199	HIHNANKIR. DAYCO=>GATES, LOGSET		
309201	HIHNANKIRISTIN DAYCO=>GATES LAVERDA		
309204	6RUUVI MUUTETTU	M12X50 10.9 => M12X50 12.9	GENERAATTORIN KIINNITYS
309211	AHTIMEN PAKOPUOLEN LAIPPA	POISTETTU VALTRA N101	
309220	KÄYNNISTIN VAIHDETTU	ISKRA -> BOSCH	VALTRA T-SARJA
309221	PA- LINJAN MUUTOS	ESISUODATIN-PÄÄSUODATIN	66, 74, 84, 98
309223	JOHTOSARJAN TELINE MUUTOS	VÄLIKAPPALE L=37 => L=73	KOMATSU FOREST 66CTA (MONIURAHIHNA)
309225	POL.TTOAINEPUTKIEN VÄLITUEN POISTO		
309231	SUUTINPRIKAN VAIHTO		
309232	LETKULIITTIMEN LISÄYS		
309239	UREA.LÄM.PUTKI REITTI MUUT. MF LRT		
309240	UREATANKIN LÄM.PUTKEN MUUTOS		
309242	GENER., MITTATIKKU JA PA-LIITIN		
309244	LISÄTTY ONTELORUUVI SIIRTOPUMPULLE		
309247	TRIGGERI KEHÄN SIIRTO HIHNAPYÖRÄÄN		
309248	KÄYNNISTIN VAIHDETTU	ISKRA -> BOSCH	STEYR, CRYSTAL TRAKTOR
309249	KÄYNNISTIN VAIHDETTU	ISKRA -> BOSCH	6-SYLINTERISET (EI MUOVISUOJAA)
309250	VEDENKOKOOJAP. KIINNITYS VAARNOILLA		
309255	AHTIMEN ÖLJYPUTKIMUUTOS		
309261	TUULETIN POISTETTU	HEMA A75-A95 TIER2	
309265	LUETTELOIN PÄIVITYS		
309266	VEDENKOKOOJAP. KIINNITYS PULTEILLA		
309267	SUUTTIMIEN YLIVUOTOPUTKI	KOOSTE OSTONIMIKKEEKSI (6-SYL)	
309268	AHTIMET VAIHDETAAN FENDTIN TOIVOMUS		
309271	SUUTTIMIEN YLIVUOTOPUTKI	KOOSTE OSTONIMIKKEEKSI (4-SYL)	
309272	ÖLJYNTÄYTÖN SIIRTO		
309282	KÄÄNTYVÄ ESISUODINTELIN POISTETTU	VALTRA 44,49 2V	
309283	KÄÄNTYVÄ ESISUODINTELIN POISTETTU	VALTRA 49 4V	
309291	Ö-POHJA-, AHTOP.- JA GEN.MUUTOS		
309302	TRIGGERI KEHÄ KONEISTETUKSI		
309314	KUMIPUTKEN VAIHTO		
309324	LÄMMITTIMEN JA HIHNAN POISTO		
309326	PA- ESISUODATIN+SIIRTOPUMPPU MUUTOS	40GAL+LASIPOHJA => 40GAL HARJATON	KOMATSU FOREST 66CTA-2V MONIURAH.
309328	LATURIN TELINE POISTETTU		
309332	TIIVISTERENKAAN VAIHTO ISOMPAAAN		
309337	PÄÄSUODIN (LOGO) MUUTETTU		
309338	KÄYNNISTIN VAIHDETTU	ISKRA 3KW->BOSCH 4,3KW	VALTRA N JA PIKKU-N
309339	IMUSARJAN JATKOPUTKI VAIHDETTU	KOMATSU FOREST 66CTA-2V MONIURAH.	
309342	LISÄTTY KIERREJATKOT&NOSTOSILMUKAT	KOMATSU FOREST 84CTA-4V	
309343	LISÄTTY VAARNAT SYL. KANNEN SIVULLE	2KPL M10X60 ETEEN OIKEALLE	KOMATSU FOREST 66/74-2V MONIURAH.
309344	VESIPUMPUN LIITÄNNÄT		
309349	MAIHIO KOOSTE MUUT. MÄNTÄ MUUTOS		
309358	GENER. JA KIINNITYSOSAT MUUTETTU	UUSI BOCSH 28V/ 100A	BALTIC M., NORDHAVN 84
309361	GENER. TELIN. + HIHNANKIR. POISTET.	LOGSET 84CTA-4V	
309366	AHTOP. TUNNISTUS LETKU PIDEMMÄKSI		
309368	PUTKIMUUTOS		
309370	MAALIMUUTOS		
309374	JOUSISOKKA POISTETTU	KOMATSU FOREST 49CWA-4V	
309377	HIHNAPITUUS MUUTETTU	1755->1725	N122-N142
309382	LÄMPÖTILA-ANTURI/HÄLYTIN POISTETTU	VALTRA T132-T202	
309383	LÄMPÖTILA-ANTURI/HÄLYTIN POISTETTU	VALTRA N122-142	
309384	POLTTOAINEPUTKIEN REITTI MUUTOS		
309385	YLIVUOTOLETKUN PIDENNYYS		
309391	DONUTIN VESIPUTKI JA	KUMIPUTKI VAIHDETTU	ROSENLEW 44 TIER0
309392	KAMPIAKSELIN POTERON TULPPA	POISTETTU	
309393	VÄLIPALA L=45 (2KPL) => L=84 (1KPL)		
309394	PAINEÖLJYP. PÄÄTESILMUKKA=>SUORAL.		
309400	LATURIRAUDAN LISÄYS		
309407	PA-ESISUODATIN VAIHDETTU	=> LASIPOHJALLINEN MALLI	CRYSTAL TRAKTOR 66CTA
309421	AHTIMEN PALUULÖJYPUTKEN LIITIN		
309425	KIERRETULPPA LIS.		
309429	PUTKI VAIHDETTU		